

Kiertotaloustoimenpiteiden vaikutukset yritys- ja aluetasolla

Alueellisen resurssivirtamallin laajennus yritystasolle

Heini Koutonen

Pro Gradu -tutkielma

Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta

Ympäristömuutos ja globaali kestävyys

Syyskuu 2018

Tiedekunta Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta		
Tekijä Heini Koutonen		
Työn nimi Kiertotaloustoimenpiteiden vaikutukset yritys- ja aluetasolla – Alueellisen resurssivirtamallin laajennus yritystasolle		
Oppiaine Ympäristömuutos ja globaali kestävyys		
Työn laji/ Ohjaaja Pro gradu -tutkielma / Heikki Savikko, Joonas Hokkanen & Marko Lindroos	Aika Syyskuu 2018	Sivumäärä 56 s. + 3 liites.
<p>Tiivistelmä</p> <p>Globaali väestönkasvu ja lisääntyvä kulutus ovat johtamassa muiden ongelmien ohella luonnonvarojen ehtymiseen ja maa- ja vesiekosysteemien saastumiseen. Eräs tapa ratkaista näitä ongelmia on siirtää kohti resurssitehokkaampaa kiertotalousperiaatteiden mukaista luonnonvarojen käyttöä. Sekä taloudellisten ohjauskeinojen kautta syntyvät kannustimet että yritysten oma aloitteellisuus ovat keskeisiä kiertotalouden mukaisiin toimintatapoihin siirtyessä. Kokonaisvaltaisen muutoksen edistymistä helpottavat konkreettiset kiertotalouden indikaattorit ja mittaustavat. Ramboll Finland Oy:n ja Luonnonvarakeskuksen luoma alueellinen resurssivirtamalli huomioi kattavasti sekä raha- että materiaalmääräisten resurssien liikkeet tarkastelualueella. Tämän tutkielman tavoitteena on laajentaa kyseistä mallia ottamaan huomioon myös yksittäisen yrityksen näkökulma.</p> <p>Tutkimuksessa noudatettiin konstruktivista lähestymistapaa, jossa luotiin alueelliseen resurssivirtamalliin uusi ulottuvuus yritystason analyysin muodossa. Keskeisenä menetelmänä käytettiin alueellista ympäristölaajennettua panos-tuotosanalyysiä. Tutkielmassa kehitettiin teoreettinen yritystasolle laajennettu alueellinen resurssivirtamalli, jonka toimintaa testattiin numeerisesti Lapin maakunnan kattavasti käyttäen esimerkkiyrityksenä kuvitteellista paperiteollisuuden yritystä. Muodostettuun malliin kytkettiin kiertotaloutta edistäviä taloudellisia ohjauskeinoja, joita olivat maa-ainesvero, vedenottovero, vedenkäyttövero, sekä arvonnäisäverokannan lasku valituilla toimialoilla. Lisäksi tutkittiin yrityksen oma-aloitteista muutosta energianlähteiden käytössä.</p> <p>Mallilla pystyttiin havainnollistamaan, kuinka alueen raha- ja materiaalmääräiset resurssivirrat muuttuvat uuden yrityksen tullessa alueelle. Lisäksi muodostetun mallin avulla pystyttiin tarkastelemaan kiertotaloustoimien vaikutuksia sekä yrityksen että aluetalouden raha- ja materiaalmääräisiin resurssivirtoihin. Tutkielman tulosten mukaan ohjauskeinojen vaikutukset sekä yrityksen että alueen talouteen jäivät varsin pieniksi. Ympäristövaikutusten mallinnuksessa huomattiin, että mallin jatkokehittelyssä tulee tehdä rahamääräisen kokonaistuotannon irtikytkentä ympäristövaikutuksista todenmukaisempien tulosten saamiseksi. Vastaava malli voidaan tutkielmassa käytetyllä menettelyllä muodostaa kuvaamaan haluttua aluetta ja siihen voidaan kytkeä minkä tahansa yrityksen tiedot.</p>		
Avainsanat kiertotalous, resurssivirrat, panos-tuotosanalyysi, taloudelliset ohjauskeinot		
Säilytyspaikka Helsingin yliopiston bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta sekä opinnäytetöiden tietokanta http://ethesis.helsinki.fi		
Muita tietoja		

Faculty Faculty of Biological and Environmental Sciences		
Author Heini Koutonen		
Title The impacts of circular economy measures on corporate and regional level – Extension of the regional resource flow model		
Subject Environmental change and global sustainability		
Level/Instructor Master's Thesis / Heikki Savikko, Joonas Hokkanen & Marko Lindroos	Month and year September 2018	Number of pages 56 pp. + 3 appendix pp
<p>Abstract</p> <p>Global population growth and increasing consumption are leading to exhaustion of natural resources and pollution of land and water ecosystems, in addition to many other issues. One way to alleviate this resource scarcity is to shift towards more resource efficient use of natural resources and adopt circular economy principles. Incentives created by economic instruments and unprompted initiatives by private companies are both crucial in the transition towards a more circular economy. Concrete indicators and methods to measure progress can make this comprehensive change easier. Ramboll Finland and Natural Resources Institute Finland have created a regional resource flow model that comprehensively describes both money and material flows in a region. The objective of this thesis is to expand the model in question to examine the same attributes additionally on corporate level.</p> <p>The research was conducted by following a constructive approach. The regional resource flow model was expanded by adding a new dimension for examining an individual firm in the region. The method used was an environmentally extended input-output analysis. A theoretical input-output based resource flow model was formulated, which was then numerically tested with the data of Lapland region and a fictitious firm operating in pulp and paper industry. Economic instruments that promote circular economy were next linked to the numerical model to illustrate their effects. The instruments were aggregates tax, water abstraction tax, tap water tax and a reduced rate of value added tax for certain industries. In addition, unprompted changes in the use of energy sources in the firm were modelled.</p> <p>The model developed in this thesis was able to illustrate the changes in material and immaterial resource flows when a new firm enters the region. Furthermore, the effects of the modelled economic instruments on the money and material flows of the firm and the region were modelled successfully. The results showed that the effects on both the firm and the regional economy remained small. When modelling the environmental impacts of different instruments, it was found that the environmental impacts need to be decoupled from the money flows and instead link to the material flows in future applications of the model. A corresponding resource flow model can be reproduced to describe any other region and supplemented with the data of any individual firm.</p>		
Keywords circular economy, resource flows, input-output analysis, economic instruments		
Where deposited Faculty of Biological and Environmental Sciences (University of Helsinki, thesis database http://ethesis.helsinki.fi)		
Additional information		

Esipuhe

Tämä tutkielma on tehty Ramboll Finland Oy:n toimeksiannosta maaliskuun 2018 ja syyskuun 2018 välisenä aikana. Tutkimusprosessi oli laajuudessaan vaativa, mutta erittäin opettavainen kokonaisuus.

Haluan kiittää Rambollia mahdollisuudesta toteuttaa tämä tutkielma sekä taloudellisesta tuesta, joka mahdollisti täyspäiväisen keskittymisen tutkimustyöhön. Erityiskiitos suunnittelija Heikki Savikolle kärsivällisestä ja täsmällisestä ohjauksesta työn kaikissa vaiheissa ja etenkin mallinnuksen parissa. Kiitokset myös johtava asiantuntija Joonas Hokkaselle sekä Helsingin yliopiston yliopistonlehtori Marko Lindroosille kannustavista kommentista ja hyödyllisistä näkemyksistä matkan varrella.

Helsingissä 29.9.2018

Heini Koutonen

Sisällys

1	JOHDANTO	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Tavoitteet.....	2
1.3	Lähestymistapa.....	2
1.4	Työn rakenne ja rajaukset.....	4
2	TEOREETTINEN TAUSTA	5
2.1	Kiertotalouden edistäminen taloudellisella ohjauksella	5
2.2	Yrityksen lähestymistapoja kiertotalouteen.....	7
2.3	Aiempiä kiertotalouden mallinnustutkimuksia	9
3	MENETELMÄN KUVAUS	11
3.1	Panos-tuotosanalyysi	11
3.2	Tuotantomalli	12
3.3	Alueellinen tuotantomalli	14
3.4	Ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi.....	16
3.5	Yritystason panos-tuotosanalyysi.....	17
3.6	Panos-tuotosmenetelmän rajoitukset.....	19
4	YRITYSTASON TEOREETTISEN MALLIN MUODOSTUS	21
4.1	Yrityksen muuttuja alueellisessa tuotantomallissa.....	21
4.2	Yritystason kytkentä alueelliseen resurssivirtamalliin.....	22
4.2.1	Alueellinen resurssivirtamalli.....	22
4.2.2	Yritystason mallin muodostus	23
4.3	Kiertotalouden ohjauskeinojen kytkentä yritystason malliin	25
4.3.1	Maa-ainesvero	26
4.3.2	Vedenotto- ja vedenkäyttövero.....	27
4.3.3	Arvonlisäverokannan lasku.....	28
4.3.4	Yrityksen sisäiset kiertotaloustoimet	29
5	NUMEERINEN TESTAUS	30
5.1	Esimerkkiyritys laajennetun mallin perustilassa	30
5.2	Ylhäältä tulevien ohjauskeinojen vaikutukset.....	37
5.2.1	Vaikutukset yrityksen talouteen ja tuotantoon.....	38
5.2.2	Aluetaloudelliset vaikutukset.....	41
5.2.3	Valtakunnalliset verokertymät ja vertailu edelläkävijämaihin	43
5.2.4	Materiaalivirrat ja ympäristövaikutukset	45
5.3	Yrityksen sisäisten kiertotaloustoimien vaikutukset	47

5.4 Muodostetun mallin rajoitukset	50
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	53
LÄHTEET	57
LIITTEET	62

Keskeiset käsitteet ja määritelmät

EEIO	Ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi (environmentally extended input-output).
EIO	Yritystason panos-tuotosanalyysi (enterprise input-output).
Materiaalivirrat	Tavarat ja tuotteet (kpl, t, m ³ tai GWh), joita käytetään välituotteina muiden hyödykkeiden tuotannossa tai myydään lopputuotekäyttöön.
Kiertotalous	Talousjärjestelmä, joka tähtää mm. materiaalien arvon säilyttämiseen, neitseellisten luonnonvarojen käytön vähentämiseen, uusiutuvan energian käyttöön sekä palvelujen kuluttamiseen tuotteiden sijaan.
Resurssitehokkuus	Energian, raaka-aineiden, materiaalien, veden, ilman, maan ja maa-alueiden tehokasta ja kestävästä käyttöä, jossa pyritään minimoimaan panosten käyttöä ja tuottamaan vähemmällä enemmän.
Resurssivirrat	Kaikki materiaalivirrat (kpl, t, m ³ , GWh) immateriaaliset palvelut (milj. €), työllisyys (htv) ja ympäristövaikutukset (esim. CO ₂ -ekv.).
SLQ	Yksinkertainen sijaintiosamäärämenetelmä (Simple Location Quotient), jonka eri variaatioita käytetään alueellisen panos-tuotostaulukon muodostamiseen.
TOL:2008	Vuonna 2008 käyttöön otettu toimialaluokitus.

Taulukot ja kuvat

Taulukot

Taulukko 1. Esimerkkiyrityksen tuotokset ja viennin jakautuminen

Taulukko 2. Esimerkkiyrityksen käyttämät panokset ja niiden alkuperä toimialoittain ja maantieteellisesti

Taulukko 3. Lappiin kohdistuvat aluetalousvaikutukset esimerkkiyrityksen saapumisesta alueelle

Taulukko 4. Materiaalikäytön muutos toimialoittain Lapissa esimerkkiyrityksen saapumisen seurauksena

Taulukko 5. Muutokset esimerkkiyrityksen rahamääräisissä resurssivirroissa ohjauskeinojen seurauksena

Taulukko 6. Muutokset esimerkkiyrityksen maksamissa veroissa ohjauskeinojen seurauksena

Taulukko 7. Muutokset yrityksen lopputuotteen kysynnässä, tuotannossa ja hinnassa ohjauskeinojen seurauksena

Taulukko 8. Muutokset Lapin rahamääräisissä resurssivirroissa ohjauskeinojen seurauksena

Taulukko 9. Muutokset Lapin verokertymissä ohjauskeinojen seurauksena

Taulukko 10. Muutokset valtakunnallisissa verokertymissä ohjauskeinojen seurauksena

Taulukko 11. Muutokset Lapin materiaali- ja palveluvirroissa ohjauskeinojen seurauksena

Taulukko 12. Biolietettä korvaavien energianlähteiden ominaisuudet ja kustannukset

Taulukko 13. Metsätähdehakeen ja jyräinturpeen käytön lisäyksen taloudelliset vaikutukset yrityksessä.

Kuvat

Kuva 1. Konstruktiivisen tutkimusprosessin vaiheet

Kuva 2. Panos-tuotostaulukon viitekehys

Kuva 3. Työllisyysvaikutukset esimerkkiyrityksen saapumisesta alueelle

Kuva 4. Verokertymän muutos Lapissa esimerkkiyrityksen saapumisen seurauksena

Kuva 5. Kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen toimialoittain Lapissa

Kuva 6. Happamoittavien päästöjen jakautuminen toimialoittain Lapissa

Kuva 7. Rehevöittävien päästöjen jakautuminen toimialoittain Lapissa

Kuva 8. Alailmakehän otsonipäästöjen jakautuminen toimialoittain Lapissa

Kuva 9. Muutokset yrityksen kasvihuonekaasupäästöjen määrässä, kun biolietettä korvataan eri energianlähteillä

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Globaali väestönkasvu ja lisääntyvä kulutus ovat johtamassa muiden ongelmien ohella luonnonvarojen ehtymiseen ja maa- ja vesiekosysteemien saastumiseen. Eräs tapa ratkaista tätä ongelmaa on siirtyä kohti tehokkaampaa kiertotalousperiaatteiden mukaista luonnonvarojen käyttöä. Kiertotalous on paitsi ekologisesti myös taloudellisesti toivottava kehityssuunta, sillä Sitran vuoden 2014 arvion mukaan sen avulla on saavutettavissa 1,5-2,5 miljardin euron potentiaalinen arvonlisäys pelkästään Suomen kansantaloudelle (Arponen ym., 2014). Suomelle julkaistiin myös ensimmäisenä maana maailmassa vuonna 2016 kansallinen kiertotalouden tiekartta, jonka tavoitteena on nostaa Suomi kiertotalouden edelläkävijämaaksi vuoteen 2025 mennessä (Sitra, 2016). Näistä syistä kiertotalouden ja resurssitehokkuuden tutkimus on erittäin ajankohtaista. Liiketoiminnalla on merkittävä rooli kiertotalouden edistämässä, ja Ramboll Finland Oy on aiemmin tutkinut sen mahdollisuuksia kehittämällä alueellisen resurssivirtamallin, joka on lähtökohdiana myös tälle maisterintutkielmalle (Hokkanen ym., 2017; Savikko, 2014).

Kiertotalouden käsitteen juuret ovat teollisessa ekologiassa ja ympäristötaloustieteessä noin 1970-luvulta alkaen (Murray, Skene, & Haynes, 2017). Kiertotaloutta on kuitenkin aktiivisemmin alettu edistää käytäntöön vasta 2000-luvulla ja etenkin politiikan, valtiolisten organisaatioiden sekä kolmannen sektorin piirissä, josta syystä sen kriittinen tarkastelu tieteellisessä tutkimuksessa on vielä melko pinnallista (Korhonen, Honkasalo, & Seppälä, 2018). Kiertotalous on kokonaisvaltainen taloudellinen järjestelmä, joka tähtää suljettuihin energia- ja materiaali-kiertoihin, ja tuotteiden suunnitteluun siten, että niiden uudelleenkäyttö, korjaus, kierrätys ja tuotannon sivuvirtojen hyödyntäminen olisi mahdollisimman tehokasta. Tavoitetilassa sekä talouden että ympäristön tila paranee, kun raaka-aineisiin ja tuotteisiin sitoutunut arvo maksimoidaan, jätteenkäsittelyn tarve pienenee ja neitseellisiä luonnonvaroja tarvitaan vähemmän. (Andersen, 2006; MacArthur, 2013) Näiden tavoitteiden saavuttaminen vaatii kuitenkin konkreettisia mittareita edistymiselle. Tällä hetkellä yritykset seuraavat resurssien käytön laatua ja tehokkuutta usein vain oman toimintansa tai toimialansa näkökulmasta, joten tarve yleispäteville eri toimialoille ja tuotantoketjun vaiheille kohdistuville yritystason resurssitehokkuusindikaattoreille on olemassa. (Hokkanen ym., 2017)

1.2 Tavoitteet

Tutkielman tavoitteena on laajentaa aiemmin tehtyä alueellista resurssivirtamallia (Hokkanen ym., 2017; Savikko, 2014) yritystasolle ja kytkeä siihen kiertotaloutta edistäviä toimenpiteitä, joiden vaikutusta tutkitaan aluetalouden ohella yksittäisen yrityksen toimintaan. Tavoitteena on tuottaa yritystason resurssitehokkuusmalli, joka ottaa huomioon aineelliset ja aineettomat resurssivirrat, ja jota voi soveltaa ja skaalata erilaisille yrityksille kohtuullisin kustannuksin. Tutkielmassa muodostettavalla mallilla pyritään vastaamaan kysymyksiin:

Mitä vaikutuksia valituilla kiertotaloustoimenpiteillä on

- yrityksen kustannusrakenteeseen, lopputuotteen hinnoitteluun ja kysyntään?
- aluetalouteen ja työllisyyteen?
- materiaalivirtoihin ja ympäristöön?
- valtion verotuloihin?

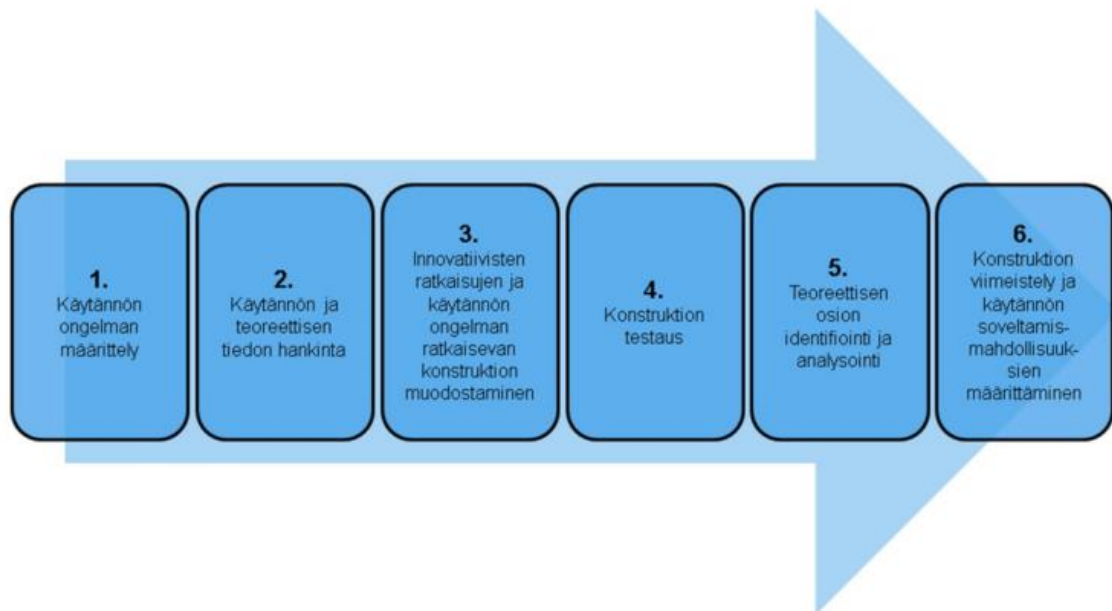
Tarkoituksena on luoda teoreettinen malli, jonka soveltuvuutta haluttujen tulosten laskentaan arvioidaan numeerisen testauksen kautta. Tutkielman tulosten perusteella tarkastellaan kriittisesti, onko mallin avulla mahdollista tehostaa kiertotaloutta yritystasolla.

1.3 Lähestymistapa

Tutkielma perustuu konstruktiiiviseen tutkimusotteeseen, jonka tavoitteena on kehittää ratkaisu käytännön ongelmaan. Se on metodologia, jolla tuotetaan reaali maailman ongelmatilanteeseen innovatiivinen, mutta teoriataustaan pohjautuva ratkaisuehdotus, jonka soveltuvuutta myös testataan. Konstruktio voi tarkoittaa lähes mitä tahansa lopputulemaa. Konstruktiot ovat aina keksittyjä ja kehitettyjä, ja esimerkiksi kaikki ihmisen luomat mallit, tuotteet, organisaatiot ja ohjelmointikielet ovat konstruktioita. (Lukka, 2014)

Ihanteellinen konstruktiiivista lähestymistapaa hyödyntävä tutkimusaihe on käytännönläheinen, mutta samalla paradoksaalinen tai vain vähän analysoitu aiemmassa kirjallisuudessa (Lukka, 2014). Konstruktiiivisessa tutkimuksessa käytettävät menetelmät ovat moninaisia, sillä lähestymistapa ei sulje pois mitään menetelmää (Ojasalo ym., 2014).

Konstruktiiivinen tutkimusprosessi koostuu yleensä kuudesta eri vaiheesta (Kuva 1). Prosessi alkaa käytännön ongelman tunnistamisesta ja tutkimuskysymyksen määrittelystä. Seuraavissa vaiheissa kerätään teoreettista ja käytännöllistä taustatietoa ja muodostetaan kokeellinen konstruktio. Tämän jälkeen konstruktiota testataan ja sen toimintaa analysoidaan teoreettisen taustan valossa, jonka jälkeen ratkaisua voidaan vielä jatkojalostaa. (Virtanen, 2010)



Kuva 1. Konstruktiiivisen tutkimusprosessin vaiheet (Savikko, 2014)

Yleisesti ottaen konstruktiiivinen tutkimus on suunnittelua, käsitteellistä mallintamista, mallien toteutusta ja testaamista, jossa korostuu myös tutkimuksen toteuttajien ja hyödyntäjien välinen vuorovaikutus. Keskeinen ero sen ja konsultaation välillä on kuitenkin konstruktion sitominen aikaisempaan tutkittuun tietoon. Konstruktion toimivuuden testaaminen ja sen tieteellisen lisäarvon osoittaminen vaativat usein lisätyötä ja aikaa, josta syystä konstruktiiivisen tutkimuksen raporteista voi puuttua lähestymistavalle tyypillinen ratkaisun testaus ja sovellus. (Ojasalo ym., 2014)

Tässä tutkielmassa noudatetaan konstruktiiivisen tutkimuksen periaatteita resurssivirtamallin laajennuksessa seuraavien vaiheiden mukaisesti:

1. Ongelman määrittely: Kuinka muodostaa yritystasolle laajennettu alueellinen resurssivirtamalli, joka tukisi kiertotalouden toteuttamista?
2. Tiedonhankinta: Aiempaan tutkimukseen ja kirjallisuuteen perehtyminen.

3. Konstruktion luominen: Resurssivirtamallin muodostus Lapin alueelle ja mallin laajennus yritystasolle.
4. Konstruktion testaus: Kiertotaloustoimenpiteiden vaikutusten laskenta mallilla.
5. Tulosten tarkastelu teoreettisen taustan valossa.
6. Konstruktion viimeistely ja soveltamismahdollisuudet: Alueellisen ja yritystason resurssivirtamallin muodostusohje ja valmis pro gradu -tutkielma.

1.4 Työn rakenne ja rajaukset

Toimeksiannon mukaisesti tutkielmassa muodostettavan mallin tarkastelualueena on Lapin maakunta, ja alueellinen resurssivirtamalli rakennetaan sen alueelle. Rajauksen keskiössä on mallin laajentaminen koskemaan myös yritystasoa, ja valittujen kiertotaloustoimien yhdistäminen siihen. Toimeksiantajan toiveen mukaan mallin toimintaa myös testataan numeerisesti paperiteollisuuden esimerkkiyrityksellä. Tutkielmassa muodostettava malli on toteutettu Ramboll Finland Oyn käyttöön, josta syystä esimerkiksi hintatietoja ei esitellä yksityiskohtaisesti mallinnuksen yhteydessä.

Tutkielma koostuu seuraavasti. Luvussa 2 esitellään kiertotalouden taloudellisia ohjauskeinoja, näkökulmia, joista yritys voi lähestyä kiertotaloutta, sekä joitakin olemassa olevia kiertotalousmalleja. Luvussa 3 kuvataan resurssivirtamallinnuksessa käytetyn menetelmän, panos-tuotosanalyysin periaatteet ja sen eri sovellutuksia. Luvussa 4 esitellään yritystason teoreettisen panos-tuotosmallin muodostus, sekä kuvaillaan, kuinka yritystaso kytketään aiemmin luotuun alueelliseen resurssivirtamalliin. Lisäksi esitellään mallinnukseen valitut kiertotaloustoimet. Luvussa 5 kuvaillaan muodostetun yritystason mallin testaus numeerisesti esimerkkiyrityksellä, esitellään mallinnuksen tuloksia sekä nostetaan esiin mallin rajoituksia. Lopuksi luku 6 esittää johtopäätöksiä ja jatkotutkimuksen kohteita.

2 Teoreettinen tausta

2.1 Kiertotalouden edistäminen taloudellisella ohjauksella

Kiertotalous on viime vuosina noussut aktiivisen yhteiskunnallisen keskustelun puheenaineeksi sekä Suomessa että muualla maailmassa etenkin poliittisten ja valtiollisten organisaatioiden sekä kolmannen sektorin toimesta (Korhonen ym., 2018). Myös yritystoiminnalla on Sitran (2016) mukaan merkittävä potentiaali edistää kiertotaloutta ja samalla luoda uusia työpaikkoja. Samalla Seppälän (ym. 2016) mukaan julkisen ohjauksen rooli on oleellinen kiertotalouden edellyttämässä tuotannon ja kulutuksen uudelleenorganisoinnissa. EU:n kiertotalousstrategiassa kiertotalouteen ja resurssitehokkuuteen kuuluu olennaisena osana luonnonvarojen kulutuksen optimointi hyödyntämällä jo käytössä olevat materiaalit mahdollisimman pitkälle muun muassa kierrättämällä, uudelleenkäyttämällä ja hyödyntämällä tuotannon sivuvirtoja (European Commission, 2014). Siksi taloudellista ohjausta tarkastellessa on syytä kiinnittää huomiota luonnonvarojen käyttöön vaikuttaviin ohjauskeinoihin, jotka tukevat näitä tavoitteita (Tikkanen ym., 2018).

Ympäristöön ja luonnonvarojen käyttöön kohdistuvien taloudellisten ohjauskeinojen tehtävänä on saada kuormituksen aiheuttajat kantamaan siitä koituvat kustannukset asettamalla päästölle tai luonnonvaralle hinta (Hanley, Shogren, & White, 2002). Tällä hetkellä voimassaolevaa luonnonvarojen käytön taloudellista ohjausta Suomessa ovat muun muassa ympäristöverot, EU:n päästöoikeuskauppa, vedenoton ja -käytön hinnoittelu, kaivostoiminnan maksut ja maatalouden ympäristötukijärjestelmä (Tikkanen ym., 2018). Ollikaisen (2009) mukaan vero-ohjaus vaikuttaa voimakkaimmin kuormittajan taloudellisiin kannustimiin ja tuottaa samalla valtiolle verotuloja. Luonnonvaran verotus voidaan kohdistaa joko resurssiverona raaka-aineen käyttämiseen tai tuoteverona raaka-ainetta sisältävän tuotteen kulutukseen. Molemmat ovat kannustintyyppisiä veroja: resurssiverolla tähdätään resurssien käytön vähentämiseen ja tuoteverolla kulutuksen vähentämiseen. Verotettavia luonnonvaroja voivat olla esimerkiksi energianlähteet, vedenotto ja -käyttö, maa-ainekset sekä mineraalit ja muut kaivannaiset (Valtiovarainministeriö, 2012)

Suomen tämänhetkiset ympäristöverot voidaan jakaa neljään luokkaan: energia-, liikenne-, päästö- ja resurssiveroihin, joista verotuloiltaan suurimman kokonaisuuden (lähes 70 %) muodostavat sähkön ja polttoaineiden energiaverot. Suomen nykyiset päästöverot

ovat pääasiassa jäteveroa, ja varsinaisia luonnonvarojen käyttöön kohdistuvia resurssiveroja ovat nykyisellään vain metsästys- ja kalastuslupamaksut. Esimerkkejä muualla maailmassa käytössä olevista luonnonvarojen veroista ovat Iso-Britannian maa-ainesvero, Ruotsin luonnonsoran vero, Tanskan vedenottovero ja Viron mineraalien louhintamaksut. (Tikkanen ym., 2018) Verojen lisäksi tai sijaan voidaan periä myös ympäristömaksuja lupa-asioista ja hallinnosta syntyvien kulujen kattamiseksi. Suomessa käytössä oleva maksu maa-ainesten otosta on esimerkki tällaisesta maksusta. (Valtiovarainministeriö, 2012)

Elinkeinoelämän keskusliiton mukaan (2016) erityisesti verotukseen perustuvia mahdollisia kiertotaloutta edistäviä toimenpiteitä voisivat edellä mainittujen lisäksi olla fossiilisten polttoaineiden verotason korotus tai arvonlisäveron (alv) lasku kiertotaloutta harjoittavilla toimialoilla. Materiaalitehokkaiden ja uusiutuvista tai kierrätysmateriaaleista valmistettujen tuotteiden, sekä kierrätys- ja korjauspalvelujen alv-kannan lasku parantaisi ympäristöystävällisten tuotteiden ja palvelujen kilpailukykyä ja toimisi näin kannustimena sekä niiden tuottamiseen että kuluttamiseen (EK, 2016; Tikkanen ym., 2018). Alemman alv-tason ympäristöperusteisesta soveltamisesta ja vaikutuksista on kuitenkin vain vähän tietoa. Uudistusta hankaloittaa muun muassa se, kuinka kriteerit täyttävät tuotteet määritellään, jotta vero kohdistuisi halutulla tavalla. Myös kansalliset mahdollisuudet vaikuttaa alv-kantoihin ovat rajoitetut, sillä reunaehdot asettaa EU:n alv-direktiivi, joka ei nykyisellään huomioi kiertotaloutta. (EK, 2016)

Seppälä ym. (2016) ovat esittäneet myös kokonaisvaltaisempia ohjauskeinoja, esimerkiksi verotuksen painopisteen siirtoa työn verotuksesta ympäristö- ja luonnonvaraveroihin nostamatta kokonaisveroastetta. Vaikka tällainen kiertotalouden mukainen verouudistus on vaikeammin toteutettavissa, se ohjaisi mahdollisimman vähäiseen neitseellisten luonnonvarojen käyttöön ja auttaisi siirtymistä palveluihin eli työvoimaintensiivisempiin liiketoimintamalleihin. Lisäksi tärkeä osa kokonaisvaltaisempaa ohjausta on Tikkasen ym. (2018) mukaan tukipolitiikka, ennen kaikkea tutkimus- ja kehittämistoiminnan tukeminen, yritystukien uudelleensuuntaus, investointituet sekä uusiutuvien polttoaineiden käytön tukeminen.

2.2 Yrityksen lähestymistapoja kiertotalouteen

Kiertotalouden ja resurssitehokkuuden tutkimus on suurimmalta osin keskittynyt kansallisen tai alueellisen tason tarkasteluun, kuten esimerkiksi kansalliseen jätepolitiikkaan tai kaupunkikehitykseen, huolimatta kiertotalouden markkinalähtöisestä luonteesta (Merli ym., 2018). Valtion suunnalta tulevan taloudellisen ohjauksen lisäksi yksittäinen yritys voi omilla toimintatavoillaan edistää kiertotaloutta monenlaisin keinoin. Yrityksen tulisi ennen kaikkea nähdä kiertotalous arvon säilyttäjänä ja lisääjänä, ja kysyä, kuinka maksimoida arvon luominen yli koko tuotantoketjun (Korhonen ym., 2018). Arposen (ym., 2014) mukaan tähän on kolme keskeistä tapaa: tuotantoprosessien tehokkuus, energian ja materiaalien suljettujen kiertojen löytäminen tuotantoketjun eri vaiheissa, ja hukan vähentäminen elinkaaren lopussa.

Kiertotalous käsitetään helposti pelkkänä materiaali kierrätyksenä, mikä on kuitenkin vain yksi kiertotalouden keinoista, ja vähiten lisäarvoa luova (Linder & Williander, 2017). Esimerkiksi tuotannon sivuvirtojen hyödyntäminen, materiaalien uudelleenkäyttö samassa tai toisessa arvoketjussa, lopputuotteiden korjattavuus ja pääoman käyttöasteen nosto voivat luoda merkittävää lisäarvoa yritykselle. Kiertotalous tulee myös huomioida yli koko tuotannon elinkaaren: kaikki väli- ja lopputuotteet, materiaalit ja komponentit tulee suunnitella alusta alkaen siten, että ne voi käyttää uudelleen tai kierrättää. Siksi raaka-ainevalinnat, modulaarisuus ja korjattavuus ovat tärkeitä yksityiskohtia tuotesuunnittelussa. (Arponen ym., 2014; Böhringer & Rutherford, 2015)

Kiertotalouteen siirtyminen on yritykselle kokonaisvaltainen muutos, joka vaatii tuotesuunnittelun, toimitusketjujen ja liiketoimintamallien uudelleenajattelua (Antikainen & Valkokari, 2016). Siksi kiertotalouden ei pitäisi olla vain lisäluku yrityksen kestävyysstrategiaan, vaan kokonaisvaltainen ylhäältä alaspäin ohjattu toimintatapojen muutos, jonka kautta voidaan luoda taloudellista lisäarvoa ja samalla säästää luonnonvaroja. Muutosta voidaan toteuttaa vähitellen kehittämällä liiketoimintamalleja kiertotaloutta tukeviksi esimerkiksi optimoimalla tuotantoprosesseja, edistämällä kestäviä materiaali- ja energiakiertoja, palvelullistamalla ja soveltamalla leasing- ja jakamiskäytäntöjä, tai pidentämällä tuotteiden käyttöikää (Tikkanen ym., 2018).

Yritykselle resurssitehokkuus on ennen kaikkea taloudellinen kysymys, sillä kiertotalouden keinoja soveltamalla niiden on mahdollista avata uusia markkinoita ja saavuttaa taloudellista hyötyä paitsi kustannussäästöjen, myös liikevaihdon nousun muodossa. Tehokkaampi materiaalikäyttö pienentää kustannuksia, kun taas liikevaihto voi kasvaa esimerkiksi uusien markkinakanavien tai laajemman palvelu- tai tuotevalikoiman kautta. (Linder & Williander, 2017)

Taloudellisen edun lisäksi kiertotaloustoimien avulla voidaan saavuttaa myös huomattavia päästövähennyksiä. Seppälän ym. (2016) mukaan Suomessa voitaisiin päästä noin neljä prosenttia pienempiin kasvihuonekaasupäästöihin vuoteen 2030 mennessä muun muassa ravinnekiertoja ja metsäteollisuuden materiaalikäyttöä tehostamalla. Tuoreen ruotsalaisraportin mukaan soveltamalla kiertotalouden toimintatapoja liikkumiseen ja rakentamiseen päästäisiin EU-alueella jopa 56 % suurempiin CO₂-päästövähennyksiin vuoteen 2050 mennessä. Päästövähennys voitaisiin saavuttaa uudelleenmuotoilemalla pelkästään teräksen, muovin, alumiinin ja sementin tuotantoketjuja, jotka aiheuttavat yhteensä noin 70 prosenttia teollisuuden päästöistä EU:ssa. (Material Economics, 2018)

Vaikka muutospaineita resurssienkäytön tehostamiseksi nousee niin politiikan, ekologisten reunaehtojen kuin kulutuskäyttäytymisenkin puolelta, yrityksillä ei toistaiseksi ole vakiintuneita työkaluja tällaisten muutosten tueksi, eikä kiertotaloutta usein ymmärretä lisäarvon luomisen kautta, josta kaikki osapuolet voisivat ideaalitilassa hyötyä. (Antikainen & Valkokari, 2016) Yritystasolla haasteita voi aiheuttaa kiertotalouden mukaisen liiketoiminnan kannattamattomuus lyhyellä aikavälillä, markkinoiden epätäydellisyys tai puutteellinen sääntely (Sitra, 2016). Olemassa olevan liiketoiminnan, infrastruktuurin ja arvoketjujen uudelleenmuotoilu voi olla haastavaa, mistä syystä uusien markkinoille tulevien yritysten on usein helpompi omaksua kiertotalouden toimintatapoja. Lisäksi nykytilanteessa kiertotalouden toteutumista hidastavat käytännön haasteet eri tahojen välisessä kommunikaatiossa ja kysynnän ja tarjonnan kohtaamattomuudessa. Haasteita luo myös optimaalisten logistiikkaketjujen rakentaminen käytettyjen tuotteiden, osien ja materiaalien palauttamiseksi takaisin tuotantoprosessiin ja uusiokäyttöön. (Arponen ym., 2014)

Kiertotalouden toimintatapoja tavoittelevia yrityksiä on kuitenkin enenevässä määrin. Esimerkiksi Suomessa Sitra pitää yllä Kiertotalouden kiinnostavimmat -yrityslistausta,

jolla on tällä hetkellä 98 yritystä aina lannoiteteollisuudesta rakennusjätteen kierrätykseen ja sähköautojen vuokrauspalveluun (Sitra, 2017). Yritysten välisessä kontekstissa taas teollisten symbioosien luominen on tärkeää tehokkaan sivuvirtojen hyödyntämisen kannalta (Merli ym., 2018). Tehokkaimmin tämä toteutuu ekoteollisuuspuistoissa (Suomessa mm. Espoon Ämmässuo ja Forssan Envi Grow Park), joissa suuri määrä lähekkäin sijaitsevia yrityksiä muodostaa suljetun järjestelmän ja energia ja materiaalit kiertävät alueen sisällä (FISS, 2018).

2.3 Aiempia kiertotalouden mallinnustutkimuksia

Kiertotalousperiaatteiden laajempi omaksuminen yrityksissä vaatii työkaluja sen edistämisen konkreettiseen mittaamiseen (Linder, Sarasini, & van Loon, 2017). Yksinkertaisten indikaattorien jatkokehittelyä vaikeuttaa kuitenkin kiertotalouden monitahoisuus ja kattavan tiedon puute (Antikainen & Valkokari, 2016; Luoma ym., 2015), ja Hokkasen ym. (2017) alueellisen resurssivirtamallin suunnittelun yrityshaastatteluvaiheessa tekemän havainnon mukaan yrityksillä ole vielä kovinkaan yleisesti käytössä resurssitehokkuutta mittaavia indikaattoreita. Edelläkävijäyrityksillä voi olla käytössä omia sisäisiä indikaattoreita ja seurantatapoja, mutta yleispätevä kiertotalouden mallinnustutkimus on mm. Antikaisen ja Valkokarin (2016) mukaan vielä puutteellista, eikä Suomessa ei ole aiemmin kehitetty kattavaa yritystason resurssitehokkuusmallia.

Resurssitehokkuutta on Suomessa aiemmin mallinnettu kansantalouden tasolla (Arponen ym., 2014; Seppälä ym., 2016), ja erikseen esimerkiksi jätevirtojen osalta (Pursula ym., 2015; Salmenperä ym., 2016). Jyväskylän seudulle rakennettiin kattava panos-tuotosanalyyysiin pohjautuva alueellinen resurssivirtamalli (Hokkanen ym., 2017; Savikko, 2014), johon tässä tutkielmassa tehtävä yritystason resurssivirtamalli pohjautuu. Kyseisen mallin periaatetta esitellään tarkemmin luvussa 4.2.1 Alueellinen resurssivirtamalli. Aluetaloudellista mallinnusta on aiemmin tehty myös yleisen tasapainon malliin (Computable General Equilibrium) perustuvalla RegFin-laskentamenetelmällä (mm. Törmä, Kujala, & Kinnunen, 2015). Kumpikin alueellinen mallinnustapa tarkastelee aluetalouden nykytilaa ja erilaisia skenaarioita toimialoittain, mutta alueellisesta resurssivirtamallista poiketen RegFin-menetelmä ei ota huomioon fyysisiä materiaalivirtoja.

Vaikka yhtä laajalle levinnyttä tutkimustapaa yritystason resurssitehokkuuden tarkasteluun ei vielä ole, muualta maailmasta löytyy useita panos-tuotosanalyysiin perustuvia prosessianalyysin sovelluksia. Lin & Polenske (1998) kokoavat yhteen varhaisia panos-tuotosanalyysiä hyödyntäviä yritystoiminnan mallinnustutkimuksia, joita on tehty Kiinassa jopa 1960-luvulla ja 1980-luvulla mm. Belgiassa, Italiassa ja entisessä Jugoslaviassa. Suurin osa näistä tutkimuksista keskittyy kuitenkin pelkästään fyysisiin materiaalivirtoihin. Myöhemmin menetelmää on laajennettu kuvaamaan sekä yrityksen raha- että materiaalivirtoja vuorovaikutuksessa muuhun toimialaan tai koko kansantalouteen. Pelkästään yhtä toimialaa tutkivia yritystason panos-tuotosanalyysijä on toteutettu mm. tiiliä valmistavalle yritykselle Italiassa sekä meijeriteollisuuden yrityksille Uudessa-Seelannissa (Albino & Kühtz, 2004; Lenzen & Lundie, 2012). Näiden mallien periaatetta kuvataan tarkemmin luvussa 3.5 Yritystason panos-tuotosanalyysi.

Vertaisarvioidun kiertotalouden mallinnustutkimuksen ollessa vielä vähäistä, useat suunnitteluyritykset ja säätiöt ovat olleet aktiivisempia kiertotalouden edistäjiä (Korhonen ym., 2018). Niiden toteuttamana löytyy useita kaupallisia mallinnustyökaluja yritysten käyttötarkoituksiin. Suomessa esimerkiksi valtionyhtiö Motiva oy ja suunnitteluyritys Gaia Consulting oy sekä ulkomailla esimerkiksi Ellen MacArthurin säätiö Iso-Britanniassa ovat kehittäneet samoja tarkoituksia palvelevia työkaluja yritysten käyttötarpeisiin (MacArthur, 2015; Luoma ym., 2015; TEM, 2013). Motivan materiaalivirta-analyysiin perustuva materiaalikatselmusmalli toteutetaan konsultin tekemänä. Sitä on käytetty muutamissa yrityksissä ja sen avulla on saavutettu jopa 20 % kustannussäästöjä materiaalinkäytössä. (Motiva, 2012; TEM, 2013) Luoma ym. (2015) ovat ehdottaneet mahdollisia indikaattoreita, joilla kiertotalouden toteutumista voisi konkreettisesti mitata. Näistä yrityksen näkökulmaan liittyvät erityisesti resurssituottavuuden indikaattori, joka mittaa resurssien käytön tuomaa arvonlisäystä tuote-, yritys- tai toimialakohtaisesti, toisena liiketoiminnan ja innovaatioiden indikaattorit kuten investointien ja viennin määrä, ja kolmantena ajureiden indikaattorit, kuten raaka-aineiden hintakehitys. (Luoma ym., 2015) Ellen MacArthurin säätiön kehittämistä indikaattoreista tärkein on Material Circularity Indicator (MCI), joka mittaa yrityksen tai tuotteen materiaali kiertojen tehokkuutta (MacArthur, 2015). Edellä mainittujen kaltaiset mittarit tuovat kokonaisvaltaiseen muutokseen konkretiaa, jota yritykset voisivat hyödyntää erityisesti tuotesuunnittelussa, mutta myös sisäisessä päätöksenteossa ja tutkimus- ja kehitystyössä.

3 Menetelmän kuvaus

3.1 Panos-tuotosanalyysi

Panos-tuotosanalyysiä käytetään kuvaamaan kansantalouden, alueen tai toimialan sisäisiä riippuvuuksia ja dynamiikkaa. Menetelmän kehitti Wassily Leontief jo 1930-luvulla ja sai siitä taloustieteen Nobel-palkinnon vuonna 1973. (Ten Raa, 2010) Panos-tuotosanalyysin Suomeen tuojana ja sen kehittäjänä pidetään kansantaloustieteen emeritusprofessori Osmo Forssellia (KAK, 2001). Suomen kansallisia panos-tuotostaulukoita on koonnut Tilastokeskus 1970-luvulta lähtien. Menetelmä on laajasti sovellettavissa erilaisiin taloustieteen kysymyksiin ja sitä käytetään yleisesti kuvaamaan esimerkiksi kansantalouden tilinpitoa useassa maassa. Menetelmää voidaan käyttää myös kansainväliseen vertailuun alueiden tai kansantalouksien välillä. (Forssell, 1985; Miller & Blair, 2009)

Panos-tuotosanalyysin avulla pystytään yksityiskohtaisesti kuvaamaan hyödykevirtojen kiertoa rajatussa talousjärjestelmässä. Malli perustuu matriiseihin eli taulukoihin, joissa sarakkeet ja rivit kuvaavat toimialoittain tuotannon muodostumista eri panoksista ja tuotosten käyttöä väli- ja lopputuotteina (Kuva 2). (Ten Raa, 2010)

	Välituotteet (j)					Lopputuotteet				Yhteensä	
	Tuotantotoiminta			Välituote- käyttö yhteensä	Kulutus (1)	Pääoman muodostus (2)	Vienti (3)	Lopputuote- käyttö yhteensä			
	1...j...n										
1	X11	...	X1j	...	X1n	X1.	Y11	Y12	Y13	Y1.	X1
.
i	Xi1	...	Xij	...	Xin	Xi.	Yi1	Yi2	Yi3	Yi.	Xi
.
.
n	X11	...	Xnj	...	Xnn	Xn.	Yn1	Yn2	Yn3	Yn.	Xn
Välituotekäyttö yhteensä	X.1	...	X.j	...	X.n	X..					
Tuonti	Z11	...	Z1j	...	Z1n	Peruspanosten käyttö lopputuotteena					Z1.
Palkat	Z21	...	Z2j	...	Z2n						Z2.
Toimintaylijäämä	Z31	...	Z3j	...	Z3n						Z3.
Välilliset verot	Z41	...	Z4j	...	Z4n						Z4.
Peruspanokset yhteensä	Z.1	...	Z.j	...	Z.n						Z..
Yhteensä	X1	...	Xj	...	Xn		Y.1	Y.2	Y.3		

Kuva 2. Panos-tuotostaulukon viitekehys (Savikko, 2014).

Toimialalla tarkoitetaan ryhmää yrityksiä, jotka tuottavat samankaltaisia tuotteita tai palveluja. Tarkastelusta riippuen toimialoja voi olla muutamia tai jopa tuhansia, jos esimerkiksi eri teollisuudenaloja jaetaan alakategorioihin. Kukin toimiala valmistaa välituotteita

muille toimialoille tai itselleen ja lopputuotteita kuluttajille. Panos-tuotostaulukon luvut ovat samalla sekä tuotoksia yhdelle toimialalle että panoksia toiselle. Taulukon rivit kuvaavat, missä kunkin toimialan tuottamat välituotteet käytetään ja sarakkeet, mistä toimialat saavat käyttämänsä panokset. (Miller & Blair, 2009)

Tarvittavat lähtötiedot malliin kootaan halutun alueen talouden tunnusluvuista joko toimialojen itsensä raporttoimana tai yleisemmin julkisesti saatavilla olevista tiedonlähteistä. Vaikka määränä tai tonneina esitetyt hyödykevirrat havainnollistaisivat selkeämmin toimialojen välisiä fyysisiä transaktioita, luvut esitetään yleensä rahamääräisinä suureina, jotta kaikkia hyödykevirtoja voitaisiin tarkastella yhteismitallisina samassa taulukossa. (Miller & Blair, 2009)

Hyödykevirtojen lisäksi panos-tuotosmalli huomioi kunkin toimialan työvoiman tarpeen, välilliset verot ja tuonnin. Koska toimialat ovat sidoksissa toisiinsa, voidaan esimerkiksi työvoiman tai tietyn panoksen kysyntää muuttamalla laskea muutoksen vaikutukset eri toimialoille ja kerrannaisvaikutukset koko tarkasteltavalle taloudelle. (Forssell, 1985) Panos-tuotosanalyysi onkin ainoa yleisesti käytössä oleva menetelmä, jolla pystytään luotettavasti selvittämään toimialojen välilliset tuotantovaikutukset (Knuuttila, 2004).

3.2 Tuotantomalli

Yleisimmin panos-tuotostaulukko muodostuu tuotantomallista, jossa yhdistyvät kaikki tarkastellut toimialat. Tuotantomallin matemaattinen esitystapa perustuu panos-tuotostaulukon riveihin. Yhtälöt voidaan koota matriisimuotoon olettaen, että tarkasteltu talous voidaan jakaa n määrään toimialoja. Toimialan i tuotannon jakautumista panoksiksi muille toimialoille ja loppukysyntään voidaan kuvata seuraavalla yhtälöllä

$$x_i = x_{i1} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{in} + y_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i \quad (i = 1 \dots n) \quad (1)$$

jossa x_i = toimialan i kokonaistuotanto

x_{ij} = toimialan i välituotekäyttö muilla sektoreilla j

y_i = toimialan i lopputuotekysyntä

Vastaava yhtälö voidaan muodostaa jokaiselle n toimialalle ja esittää ne yhdessä matriisimuodossa. Matriisin vaakarivit kuvaavat toimialan i kokonaistuotannon x_i käyttöä väli-tuotteina x_{ij} toimialoilla j ja lopputuotteena y_i . (Miller & Blair, 2009)

Panos-tuotostaulukosta voidaan laskea panoskertoimet a_{ij} , jotka kuvaavat, kuinka paljon toimialan i tuotantoa tarvitaan toimialalla j yhden lopputuoteyksikön tuotantoon. Panos-kertoimet lasketaan seuraavasti:

$$\frac{x_{ij}}{x_j} = a_{ij} \quad (2)$$

Väliuotekysyntää voidaan siten ilmaista

$$x_{ij} = a_{ij} * x_j \quad (3)$$

Sijoittamalla (3) yhtälöön (1) saadaan:

$$x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} * x_j + y_i \quad (i = 1 \dots n) \quad (4)$$

Otetaan käyttöön seuraavat vektori- ja matriisimerkinnät: kokonaistuotosvektori \bar{x} , väli-tuotekäyttöä kuvaava panoskerroinmatriisi A ja loppukysyntävektori \bar{y} . Tuotantomalli (4) voidaan nyt ilmaista

$$\bar{x} = A\bar{x} + \bar{y} \quad (5)$$

Yhtälössä (5) toimialojen kokonaistuotanto riippuu siis toimialojen välisistä riippuvuuksista ja niiden lopputuotteiden kysynnästä. Tuotanto mitataan rahamääräisenä, jolloin panoskertoimet ovat hinnoilla painotettujen määrien suhteita. Kun mallilla arvioidaan, kuinka paljon tuotantoa tarvitaan lopputuotteiden kysynnän kattamiseksi, panoskertoi-mien a_{ij} oletetaan pysyvän kiinteinä, jolloin tuotannon skaalatuotot ovat vakiot. (Forssell, 1985; Miller & Blair, 2009)

Tuotantomallissa (4) on n kappaletta lineaarisia yhtälöitä ja ratkaistavia muuttujia. Kun-kin toimialan tuotanto voidaan laskea erikseen lopputuotteiden kysynnän suhteen. Käy-tännöllisemmin voidaan laskea kuitenkin yhtälöryhmän

$$(I - A)\bar{x} = \bar{y} \quad (6)$$

yleinen ratkaisu

$$\bar{x} = (I - A)^{-1}\bar{y} \quad (7)$$

jossa I on yksikkömatriisi ja $(I - A)^{-1}$ on Leontief'n käänteismatriisi, joka kuvaa toimialojen kokonaistuotosten ja lopputuotekysyntöjen keskinäisiä riippuvuuksia. Voidaan myös käyttää summamerkintää

$$x_i = \sum_{j=1}^n b_{ij}y_j \quad (i = 1 \dots n) \quad (8)$$

kun

$$(I - A)^{-1} = [b_{ij}] \quad (9)$$

Tässä b_{ij} ilmaisee, kuinka paljon tuotantoa toimialalla i tarvitaan yhden lopputuoteyksikön tuottamiseen toimialalla j . Leontief'n käänteismatriisilla voidaan tutkia lopputuotekysynnän muutoksen vaikutusta eri toimialojen kokonaistuotokseen, joten se on oleellinen kerennaisvaikutusten laskennassa ja toimialojen välisten suhteiden tulkinnassa. (Forssell, 1985)

3.3 Alueellinen tuotantomalli

Edellä esitetty tuotantomalli käsittää koko kansantalouden laajuuden, mutta panos-tuotosanalyysi soveltuu hyvin myös aluetalouden rakenteen tutkimiseen. Alueellinen panos-tuotomalli kuvaa yhtä tai useaa kansantalouden osa-aluetta. Tarkasteltavan alueen tuotantomalli on seuraava (Forssell, 1985)

$$x_i^g = \sum_{j=1}^n a_{ij}^g x_j^g + y_i^g + e_i^g - m_i^g \quad (i = 1 \dots n) \quad (10)$$

jossa g = tarkasteltava alue

x_i^g = toimialan i kokonaistuotos alueella g

a_{ij}^g = toimialan j panoskerroin alueella g

y_i^g = toimialan i lopputuotekysyntä alueella g

e_i^g = toimialan i tuotannon vienti alueelta g

m_i^g = toimialan i panosten tuonti alueelle g

Kansantalouden laajuiseen malliin verrattuna uusi huomioitava ulottuvuus on vienti muualle kotimaahan ja tuonti muualta kotimaasta. Tiedot ulkomaan viennin ja tuonnin osalta ovat yleensä helpommin saatavilla, joten kattavan alueellisen mallin laadinnassa on käytettävä erilaisia täydentäviä menetelmiä. (Forssell, 1985)

Alueellisen panos-tuotostaulukon voi muodostaa kolmella eri tavalla: kyselypohjaisesti (survey method), mekaanisesti (non-survey method) tai näiden kahden yhdistelmänä, osittaiskyselyllä (hybrid method). Pääasiallinen ero eri tavoin muodostetuissa alueellisissa taulukoissa on niiden tarkkuus suhteessa kansalliseen panos-tuotostaulukkoon. (Hewings & Jensen, 1986)

Ideaalitapa yksityiskohtaisen alueellisen panos-tuotostaulukon muodostamiseen on kyselypohjainen menetelmä, jossa kerätään primääritietoa esimerkiksi kyselytutkimuksella mahdollisimman laajasti suoraan tarkasteltavan alueen toimijoilta. Vaikka alueellista dataa keräämällä saadaankin tarkin todellisuutta vastaava kuva aluetalouden sisäisistä riippuvuuksista, se on kuitenkin kallis ja aikaa vievä työskentelytapa. Tämän vuoksi on kehitetty useita yleisesti käytettyjä mekaanisia menetelmiä, joissa muokataan kansallisia panos-tuotostaulukoita eri kertoimilla ja muutostekniikoilla siten, että ne mahdollisimman hyvin vastaavat aluetalouden rakennetta. (Flegg & Tohmo, 2013)

Mekaanisia menetelmiä alueellisen taulukon johtamiseksi kansallisesta taulukosta on useita, mutta niistä eniten variaatioita on muodostettu sijaintiosamäärämenetelmästä. Näistä käytetyimpiä ovat yksinkertainen sijaintiosamäärämenetelmä, (simple location quotient, SLQ), ristikkäissijaintiosamäärämenetelmä (cross-industry location quotient, CLQ) sekä Fleggin sijaintiosamäärämenetelmä (Flegg's location quotient, FLQ). (Hewings & Jensen, 1986) Sijaintiosamäärät kuvaavat kunkin toimialan paikallisen laajuuden suhdetta toimialan laajuuteen kansallisesti. Kaikissa menetelmissä oletetaan, että tuotantoteknologiat ovat alueellisesti ja kansallisesti samoja, jolloin tehokkuuseroja ei synny. Mikäli sijaintiosamäärä saatietyllä toimialalla arvoksi yksi, toimiala on paikallisesti yhtä vahva kuin keskimäärin kansallisesti. (Flegg & Tohmo, 2013)

Alueellisen panos-tuotosmallin muodostuksessa on erityisen tärkeää eritellä, kuinka paljon eri toimialoille tulee panoksia tarkasteltavan alueen ulkopuolelta ja kuinka paljon alueen sisältä. Näin mallin tarkkuus kasvaa ja saadaan selville alueelle tulevat rahavirrat

paitsi tuotteiden ja palvelujen viennistä, myös tarkasteltavan alueen ulkopuolella työskentelevien työntekijöiden tuloista tai valtion tulonsiirroista. (Robison, 2009)

Tarkkojen, mutta kalliiden kyselypohjaisten ja helppojen, mutta epätarkempien mekaanisten sijaintiosamäärämenetelmien hyödyt voidaan yhdistää käyttämällä osittaiskyselymenetelmää. Siinä kansallisista panos-tuotostaulukoista johdettuja tietoja täydennetään primääridatalla esimerkiksi kyselytutkimuksen tai julkisten tietokantojen avulla. Kyselytutkimus tarjoaa eniten tietoa alueen resurssivirroista, jos sen kohdentaa niihin toimialoihin, jotka alueella poikkeavat eniten kansallisesta keskiarvosta. (Kowalewski, 2012)

Alueellista panos-tuotosmallia voidaan käyttää tilinpitotyökaluna, jolla analysoida alueen talouden nykytilaa ja siten vahvistaa empiirisiä tuloksia tai tuottaa uutta tietoa. Lisäksi sitä voidaan käyttää suunnittelutyökaluna arvioimaan tulevan hypoteettisen tai todellisen tapahtuman kokonaisvaikutuksia aluetaloudelle. Molemmat käyttötavat tarjoavat hyödyllistä tietoa aluepoliittisen päätöksenteon ja alueen kehityksen tueksi. Mallintamalla ja analysoimalla aluetalouden rakennetta saadaan uutta tietoa alueen talouden kannalta tärkeimmistä toimialoista, kasvupotentiaalista, ympäristövaikutuksista sekä aukoista alueellisissa materiaaliirroissa. (Hokkanen ym., 2017; Robison, 2009)

3.4 Ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi

Panos-tuotosanalyysissä tarkasteluun voi liittää taloudellisten suureiden lisäksi myös tuotannon päästöt ympäristöön. Ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi (Environmentally extended input-output, EEIO) antaa kattavan kuvan eri toimialojen erilaisista ympäristövaikutuksista ja niiden kytkennöistä kansantalouden muihin toimintoihin. Sen periaate on sama kuin tavallisessa panos-tuotostaulukossa, mutta taulukkoon on lisätty tiedot kokonaistuotannon päästöistä ja muista ympäristövaikutuksista. Kun toimialan kokonaistuotanto tiedetään, tuotannon ympäristövaikutukset voidaan laskea panos-tuotostaulukossa yleisesti käytettyjen päästökertoimien avulla. Ympäristölaajennetulla panos-tuotosmallilla voidaan tutkia useita eri ympäristövaikutuksia, kuten esimerkiksi hiilidioksi- ja muita päästöjä ilmaan, ravinnepäästöjä vesistöön, tai tietyn luonnonvaran kulutusta. (Kitzes, 2013)

Ympäristölaajennetun panos-tuotosanalyysin tavoitteena on laskea kaikilta toimialoilta, mukaan lukien tuonnista ja viennistä aiheutuvat suorat ja epäsuorat ympäristövaikutukset (Kitzes, 2013). Suomessa vuosina 2006-2009 kehitetty kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutuksia arvioiva ENVIMAT-malli perustuu ympäristölaajennettuun panos-tuotosanalyysiin, jossa huomioidaan Suomesta tuotettujen ja Suomeen tuotujen tuotteiden elinkaariset ympäristövaikutukset. (Seppälä ym., 2009) Myös Hokkasen ym. (2017) luoman alueellinen resurssivirtamallin pohjana on ympäristölaajennettu panos-tuotosanalyysi. ENVIMAT-malli kuvaa koko kansantaloutta eikä suoraan sovellu alueellisen tarkastelun perustaksi, joten Hokkanen ym. (2017) muodostivat uuden ympäristömoduulin alueelta saatavilla olevien tietojen pohjalta. Siinä päästökertoimet laskettiin keskeisille toimialoille tarkemmin ja estimoitii muille toimialoille aiemmin tehtyjen ympäristölaajennettujen panos-tuotosmallien pohjalta.

3.5 Yritystason panos-tuotosanalyysi

Panos-tuotosanalyysiä voidaan soveltaa myös yksittäisen yrityksen mallinnukseen taloudessa (enterprise input-output, EIO). Yhtä yleistettyä tapaa yritystason panos-tuotosanalyysiin ei ole, mutta analyysyjä on toteutettu tähän mennessä muutamia ja hieman eri tavoin. Yksi tapa on lisätä taulukkoon yrityksen oma rivi ja sarake, joissa yrityksen tuotantoa ja panoskäyttöä kohdellaan samoin kuin toimialoja kansallisessa panos-tuotostaulukossa. Vaihtoehtoinen tapa yritystason panos-tuotosmallinnukseen perustuu yksinomaan yrityksen omien tuotantoprosessien tarkasteluun. (Lin & Polenske, 1998)

Tuotantoketjuun tai -prosesseihin perustuvaa analyysiä on käytetty, koska yrityksen eri osastojen ja prosessien väliset suhteet voivat erota kansantalouden eri toimialojen välisistä suhteista. Jotkut prosessit esimerkiksi tuottavat runsaasti sivuvirtoja, tai eri prosessit tai toimipisteet voivat tuottaa samoja tai samanlaisia tuotteita. (Lin & Polenske, 1998) Suurin osa tähän mennessä tehdyistä yritystason panos-tuotosmalleista perustuu tällaiseen prosessianalyysiin, joilla on mallinnettu globaalien ja paikallisten toimitusketjujen sekä teollisuusalueiden materiaali- ja energiavirtoja (Albino ym. 2002, 2003). Prosessianalyysiin perustuvassa mallissa sarakkeet ja rivit kuvaavat tuotantoketjun eri vaiheita, jotka käyttävät panoksia ja tuottavat väli- ja lopputuotteita. Tällaisilla malleilla on tutkittu esimerkiksi tiiliä valmistavaa italialaista yritystä (Albino & Kühtz, 2004) ja uusiseelantilaisia meijeriyrityksiä (Lenzen & Lundie, 2012). Lisäksi esimerkiksi rahtivirtojen

vaikutusta teollisuusalueen logistiikkaan ja ympäristövaikutuksiin on erikseen arvioitu prosessianalyysiin perustuvalla mallilla (Albino, Htz, & Petruzzelli, 2008). Prosessianalyysimalli on suhteellisen helposti toteutettavissa, joustaa erilaisiin tarpeisiin ja siihen voi yhdistää myös tuotannon ympäristövaikutukset, materiaalien käytön sekä jätteen synnyn. Lisäksi sitä voi käyttää sekä tilinpito- että suunnittelutyökaluna, mutta tämä menetelmä ei kuvaa yrityksen vuorovaikutusta muun aluetalouden kanssa.

Mikäli halutaan tarkastella yksittäisen yrityksen suoritusta aluetaloudessa tarkemmin, voidaan yrityksen tiedot esittää perinteisessä toimialakohtaisessa panos-tuotostaulukossa omana rivinään ja sarakkeenaan, kuten Charles Tiebout esitti jo vuonna 1967. Sovelluksia tälle menetelmälle löytyy kuitenkin kirjallisuudesta hyvin vähän. Menetelmän etuna on se, että yritystason tiedot saadaan yhdenmukaiseksi kansallisen tilinpidon kanssa, ja saadaan tarvittaessa liitettyä kansallisiin, alueellisiin tai toimialan kattaviin malleihin. Taulukon rivillä ilmaistaan yrityksen välituotekäyttö muilta toimialoilta, ja sarakkeessa yrityksen tuottamat panokset muille toimialoille, mikäli yritys niitä tuottaa. Yritykselle saadaan näin laskettua myös panoskertoimet, joista voidaan tuottaa suorat ja epäsuorat vaikutukset yrityksen toiminnasta muille toimialoille ja aluetaloudelle. (Greytak, 1972; Tiebout, 1967)

Yritystason panos-tuotostaulukot kootaan tavallisimmin kyselypohjaisesti suoraan yritysten raportoimasta datasta. Myös osittaiskyselymenetelmää voidaan käyttää ja koota lähtötietoja julkisista tietolähteistä kyselytutkimuksilla täydentäen. Yritys on yleensä enemmän kiinnostunut ja tietoinen tuotannon jakautumisesta kuin panosten lähteistä, mistä syystä panos-tuotostaulukon rivin tiedot voi olla helpompi hankkia. (Lenzen & Lundie, 2012)

Panos-tuotosanalyysin anti yksittäiselle yritykselle voi olla esimerkiksi nähdä, mitä lopputuotekysyntää esimerkiksi metalliteollisuuden yritys välillisesti palvelee oman tuotantonsa kautta. Yritys voi verrata omaa toimintaansa koko toimialaan keskimäärin ja nähdä suorat ja välilliset vuorovaikutukset muiden toimialojen kanssa. Toinen tapa hyödyntää analyysiä on tarkastella Leontief'n käänteismatriisin avulla, kuinka muutos lopputuotekysynnässä vaikuttaa yrityksen tuotantoon suoraan tai muiden toimialojen kautta. (Tiebout, 1967)

3.6 Panos-tuotosmenetelmän rajoitukset

Panos-tuotosmalli on luonteeltaan staattinen talouden poikkileikkaus valitulta aikajaksolta. Siksi se soveltuu tarkemmin talouden rakenteiden kuvailuun kuin tulevan ennustamiseen. Mitä pidemmälle tulevaisuuteen panos-tuotosmallilla pyritään ennustamaan, sitä enemmän sen tarkkuus kärsii, sillä staattinen malli ei ota huomioon hintojen muutoksia pidemmällä aikavälillä. Toiseksi epärealistinen oletus mallin lineaarisuudesta vaikeuttaa ennustamista: kun tuotannon kasvun oletetaan lisäävän panosten kysyntää samassa suhteessa, malli ei huomioi skaalavaikutuksia tai muutoksia tuottavuudessa. (Knuuttila, 2004) Siinä ei myöskään oteta huomioon tuotannontekijöiden saatavuuteen liittyviä rajoitteita, vaan niitä oletetaan aina olevan saatavilla tuotannon edellyttämä määrä. (Isojärvi, 2013)

Panos-tuotosanalyysi tarkastelee taloutta kysynnän pohjalta, joten se ei ota huomioon tarjonnasta syntyviä rajoitteita, vaan tekee oletuksen tuotantopanosten täydellisestä saatavuudesta. Myös menetelmässä yleisesti käytetty TOL:2008 -toimialajaottelu voi asettaa rajoituksia. Koska toimialojen tuotantomenetelmät ja tuotetut hyödykkeet ovat heterogeenisiä, tarkasteltujen toimialojen määrä on määriteltävä aluksi huolellisesti, jotta on mahdollista päästä tarkkoihin tuloksiin. (Knuuttila, 2004)

Alueellisia panos-tuotostaulukoita pystytään muodostamaan sijaintiosamäärämenetelmillä nopeammin ja edullisemmin verrattuna kyselymenetelmiin, mutta niillä on taipumus tuottaa epätarkkoja tuloksia. Epätarkkuuden syynä ovat alueellisen panos-tuotostaulukon liioitellut panoskertoimet, jotka vääristyvät, koska perinteiset sijaintiosamäärämenetelmät eivät ota alueiden välistä kaupankäyntiä riittävästi huomioon. (Flegg, Webber, & Elliott, 1995) Etenkin aiemmin käytetyt sijaintiosamäärämenetelmät (SLQ ja CLQ) tuottivat yleistimoituja panoskertoimia. Eri menetelmistä on tehty vertailevaa tutkimusta, jonka valossa niistä tarkimmaksi on todettu Fleggin sijaintiosamäärämenetelmä (FLQ), joka arvioi alueen ulkopuolisten tuotantopanosten käytön aiempia menetelmiä paremmin. (Flegg & Tohmo, 2016; Lehtonen & Tykkyläinen, 2014)

Yrityksen analyysin tapauksessa yrityksen panoskertoimet eivät ole täsmälleen verrattavissa toimialojen välisiin kertoimiin. Tämä poikkeavuus voi johtua useasta seikasta. Ensinnäkin Tieboutin ehdottaman menetelmän, jossa yritys liitetään malliin omana rivinä ja

sarakkeenaan, tarkkuus riippuu tarkasteltavan yrityksen toimialasta (Tiebout, 1967). Menetelmä voi kuvata harhaanjohtavasti esimerkiksi yritystä, joka on lopputuotekäytössä riippuvainen tukkukaupasta, sillä toimialakohtainen taulukko kuvaa virtoja tuottajalta käyttäjälle, eikä tuottajalta jälleenmyyjälle. (Greytak, 1972)

Toinen rajoite yrityksen analyysissä ilmenee, jos yrityksen tuotanto on kovin heterogeenistä, esimerkiksi primäärituotetta lopputuotekäyttöön ja sekundäärituotetta välituotteena toiselle toimialalle. Tavanomaisessa panos-tuotostaulukossa sekundäärituotteita kohdellaan kuvitteellisina ja ne merkitään niitä pääasiallisesti tuottavan toimialan tuotokseen. Hyvin heterogeenisen tuotannon tapauksessa yritystason lisääminen vaikeuttaa hyödykevirtojen arviointia, varsinkin jos sekundäärituotteen tuotannon määrä on suuri. (Greytak, 1972) Tällöin parempiin tuloksiin voidaan päästä erottamalla nämä tuotevirrat edelleen omiksi sarakkeiksi ja riveiksi.

Kolmanneksi vaihtotaseen ja pääomataseen erittely toimialan (ja yrityksen) tiedoissa on puutteellista, ja pääomanmuodostus näkyy vain yhteenlaskettuna taulukon alaosassa. Tästä syystä voi olla hankalaa määritellä, missä määrin toimialojen (tai yrityksen) tuotos jakautuu käyttö- ja investointitarkoituksiin. (Morrison, 1973) Useimmat yritykset kuitenkin pystyvät tunnistamaan investointihankinnat, vaikka eivät aina pysty tunnistamaan samalla tarkkuudella myyntiä, joka menee pääomataseeseen.

4 Yritystason teoreettisen mallin muodostus

4.1 Yrityksen muuttuja alueellisessa tuotantomallissa

Luvussa 3.2 esitetty tuotantomalli (1) käsittää koko kansantalouden laajuuden (Miller & Blair, 2009). Alueellisella tuotantomallilla (10) taas voidaan kuvata yhtä tai useaa kansantalouden osa-aluetta ja niiden keskinäisiä riippuvuuksia, kuten esim. Hokkanen ym. (2017) tutkivat Jyväskylän seudun kattavassa alueellisessa resurssivirtamallissa. Koska yrityksen toimintaa halutaan tässä tutkielmassa kehitettävässä mallissa tarkastella vuorovaikutuksessa muuhun aluetalouteen, valitaan prosessianalyysiin perustuvan menetelmän sijaan mallin muodostukseen Tieboutin (1967) ehdottama menetelmä, jossa yritystä tarkastellaan omana rivinään ja sarakkeenaan alueellisessa tuotantomallissa. Yrityksen matemaattista esitystapaa alueellisen tuotantomallin kaavassa (10) ei kuitenkaan ole suoraan esitetty kirjallisuudessa. Seuraavassa esitetään mahdollinen tapa lisätä yrityksen muuttuja yleiseen malliin alueellisessa tarkastelussa, jossa yritys joko tulee alueelle uutena tai toimii jo alueella.

Yritystason panos-tuotosmallia rakentaessa on otettava huomioon, tarkastellaanko siinä alueelle uutena tulevaa vai alueella jo toimivaa yritystä. Mikäli keskiössä on jo alueella toimiva yritys, on sen tiedot irrotettava panos-tuotostaulussa omaan sarakkeeseen ja riviin ja vähennettävä sen toimialan tiedoista, johon se kuuluu. Uuden yrityksen tapauksessa sen tiedot lisätään omaan sarakkeeseen ja riviin muiden toimialojen lisäksi. Nämä seikat on huomioitava myös teoreettisessa tuotantomallissa.

Määritettäessä yritystason mallia otetaan käyttöön yrityksen kokonaistuotantoa kuvaava muuttuja c_i^g . Yritys toimii toimialalla i ja tulee uutena alueelle g . Sen kokonaistuotanto c jakautuu välituotekäyttöön ja lopputuotekysyntään, kuten aiemmin esitetyissä yleisessä ja alueellisessa tuotantomallissa (1) ja (10). Asetetaan alueellisen tuotantomallin kaavaan (10) selitettäväksi muuttujaksi yrityksen muuttuja c_i^g , joka kuvaa yrityksen kokonaistuotosta. Nyt alueelle uutena tulevan yrityksen tuotannon jakautumista panoksiksi muille toimialoille ja lopputuotekysyntään voidaan kuvata yhtälöllä

$$c_i^g = \sum_{j=1}^n a_{ij}^g x_j^g + a_{ij}^g x_i^g + y_i^g + e_i^g + e_c^g - m_i^g - m_c^g \quad (i = 1 \dots n) \quad (11)$$

jossa c_i^g = yrityksen kokonaistuotos
 a_{ij}^g = toimialan j panoskerroin alueella g
 x_i^g = toimialan i kokonaistuotos alueella g
 y_i^g = toimialan i lopputuotekysyntä alueella g
 e_c^g = yrityksen tuotannon vienti alueelta g
 e_i^g = toimialan i tuotannon vienti alueelta g
 m_c^g = yrityksen panosten tuonti alueelle g
 m_i^g = toimialan i panosten tuonti alueelle g

Jos taas tarkastelun keskiössä on yritys, joka toimii jo alueella, on sen tuotanto vähennettävä toimialan kokonaistuotannosta, johon yritys kuuluu. Silloin lopputuotekysyntää voidaan kuvata yhtälöllä

$$c_i^g = \sum_{j=1}^n a_{ij}^g x_j^g + a_{ij}^g (x_i^g - c_i^g) + y_i^g + e_i^g + e_c^g - m_i^g - m_c^g \quad (i = 1 \dots n) \quad (12)$$

Kaavojen (11) ja (12) välillä on erona termi $a_{ij}^g (x_i^g - c_i^g)$, jolloin vältetään kaksinkertaiselta laskennalta.

4.2 Yritystason kytkentä alueelliseen resurssivirtamalliin

4.2.1 Alueellinen resurssivirtamalli

Alueellinen resurssivirtamalli on Sitran toimeksiannosta kehitetty panos-tuotosmalliin pohjaava aluetalousmalli, jonka toteutuksesta vastasivat Ramboll Finland Oy ja Luonnonvarakeskus vuonna 2014. Malli on ensimmäinen laatuaan Suomessa ja poikkeaa muista aluetalousmalleista siinä, että sillä voidaan koota yhteen alueen rahamääräisten virtojen lisäksi fyysiset materiaaliveirrat ja päästöt, sekä konkretisoida niiden merkitys taloudelle, työllisyydelle ja ympäristölle. (Hokkanen ym., 2017; Savikko, 2014) Alueellisen resurssivirtamallin muodostamiseen kuuluu viisi keskeistä vaihetta:

1. alueellisen euromääräisen panos-tuotostaulukon muodostus
2. alueen keskeisten toimialojen materiaalmääräiset tarjonta-, käyttö- ja panos-tuotostaulukot sekä ympäristömoduulin muodostus
3. alueen keskeisten toimialojen euromääräinen panos-tuotostaulukko sekä ympäristömoduuli
4. ympäristölaajennettu alueellinen panos-tuotostaulukko
5. laskentaosio aluetalouden tunnuslukujen laskemiseksi

Alueellisella resurssivirtamallilla voidaan luotettavasti arvioida aluetaloutta ja sen resurssivirtoja materiaalmääräisestä, rahamääräisestä ja ympäristönäkökulmasta. Malli kuvaa toimialojen välittömiä ja välillisiä vaikutuksia aluetaloudessa, ja auttaa hahmottamaan resurssivirtojen keskinäisiä riippuvuuksia, niiden ominaisuuksia, käytön ympäristövaikutuksia ja hyödyntämättömiä sivuvirtoja. Mallin avulla voidaan myös simuloida, miten muutokset tietyn toimialan kysynnässä vaikuttavat kyseisen toimialan lisäksi myös muiden toimialojen tuotantoon ja päästöihin. (Hokkanen ym., 2017; Savikko, 2014)

Toisin kuin kansalliset resurssitehokkuusmallit, alueellinen resurssivirtamalli tuo esille aluetalouden erityispiirteet ja sitä voidaan soveltaa mille tahansa alueelle. Sen ensimmäinen sovellutus tarkasteli Jyväskylän seutua ja viimeisimmäksi sen avulla mallinnettiin Pohjois-Pohjanmaan resurssivirtoja (Savikko ym., 2018). Perusoletus on, että toimialakohtainen tuotanto on kysynnän sanelemaa (demand-driven) (Miller & Blair, 2009). Näin resurssivirtamallilla voidaan tarkkailla esimerkiksi investointien, tuotannon muutosten tai tämän tutkielman tapauksessa kiertotaloustoimenpiteiden vaikutuksia aluetalouteen, resurssivirtoihin ja ympäristöön. Kysyntämuutosten lisäksi alueellisella resurssivirtamallilla voidaan arvioida myös yksityisen kulutuksen tai asukasmäärän muutosten kerrannaisvaikutuksia.

4.2.2 Yritystason mallin muodostus

Tässä tutkielmassa muodostettava yritystason resurssivirtamalli perustui luvussa 3.3 kuvattuun panos-tuotosanalyysin alueelliseen tuotantomallin teoriaan laajentaen sitä luvussa 4.1 kuvatun mukaisesti yritystasolle. Mallin muodostaminen pohjautui luvussa 4.2.1 kuvattuihin alueellisen resurssivirtamallin viiteen eri vaiheeseen ja eteni seuraavasti:

1. alueellisen euromääräisen panos-tuotostaulukon muodostus
2. alueen materiaalmääräisten tarjonta- ja käyttötaulukkojen muodostus
3. ympäristölaajennettu alueellinen panos-tuotostaulukko
4. yritystason lisäys ympäristölaajennettuun alueelliseen panos-tuotostaulukkoon
5. laskentaosio haluttujen tunnuslukujen laskemiseksi

Viimeisin Tilastokeskuksen julkaisema maakuntakohtainen alueellinen panos-tuotostaulukko on saatavilla vuodelta 2002. Ajantasaisemman kuvauksen saamiseksi Tilastokeskuksen tuorein valtakunnallinen panos-tuotostaulukko vuodelta 2014 (SVT, 2014) alueellistettiin FLQ-sijaintiosamäärämenetelmän avulla (vaihe 1). Panos-tuotostaulukon alueellistamisessa hyödynnettiin myös Lapin maakunnan tuoreinta käytettävissä olevaa aluetilinpitoa (vuodelta 2015), josta saatiin tiedot mm. jokaisen toimialan tuotoksesta, työllistävyyydestä, väliuotekäytöstä ja arvonlisäyksestä (SVT, 2017a). Mallissa aluetalouden tarkastelu toteutettiin 57 toimialan tarkkuudella liitteessä 1 esitetyn TOL:2008 -toimialajaottelun mukaisesti.

Alueellisesta panos-tuotostaulukosta voidaan lukea Lapin maakunnan alueelta saatavien panosten määrä sekä kotimaan ja ulkomaan tuonnin osuudet panoskäytöstä. Tuonti muualta kotimaasta ja ulkomailta tasapainotettiin vastaamaan todellista tilannetta Tullin maakunnittaisen tuonti- ja vientitilaston avulla (SVT, 2017b; Tulli, 2015). Toimialojen käyttämät panokset, jotka eivät ole alueelta tai ulkomaantuonnista, tulevat toimialoille muualta kotimaasta.

Myös materiaalien käyttö- ja tarjontataulukot muodostettiin tarkastellun maakunnan alueelle 57 toimialan tarkkuudella (vaihe 2). Tiedot materiaalmääräisiin taulukoihin kerättiin julkisesti saatavilla olevista lähteistä, joita olivat:

- VAHTI -tietokanta
- Luonnonvarakeskuksen tilastot
- Turvallisuus- ja kemikaaliviraston tilastot
- Tilastokeskuksen teollisuustuotantotilastot
- Yritysten tilinpäätökset ja ympäristölupapäätökset
- Paliskuntain yhdistyksen tilastot

Materiaalimääräisestä käyttötaulukosta voidaan lukea alueen toimialojen käyttämät fyysiset materiaalmäärät muilta toimialoilta, ja tulevatko ne alueelta, muualta kotimaasta vai ulkomailta. Materiaalitarjontataulukko ilmaisee kunkin toimialan materiaalmääräisen kokonaistuotannon.

Raha- ja materiaalivirtojen määrittämisen lisäksi alueelliseen panos-tuotostaulukkoon yhdistettiin ympäristövaikutukset ilmaiseva ympäristömoduuli, jota on käytetty myös alueellisessa resurssivirtamallissa (vaihe 3) (Hokkanen ym., 2017; Savikko, 2014). Päästöjen arviointiin käytettiin kertoimia, jotka ilmaisevat päästömäärän suhteessa miljoonan euron tuotokseen kullakin toimialalla. Ympäristömoduuli huomioi kasvihuonekaasupäästöt, happamoittavat ja rehevöittävät päästöt sekä alailmakehän otsonipäästöt.

Yritystaso lisättiin Lapin alueelliseen resurssivirtamalliin laajentamalla jokaista taulukointivaihetta lisäämällä oma rivi ja sarake yritykselle (vaihe 4). Myös materiaalitaulukoita laajennettiin yrityksen rivillä ja sarakkeella. Yritys linkitettiin muihin toimialoihin ja kerroinmatriisiin, jonka kautta halutut muutokset syötetään mallin. Yritystasolle laajennettu alueellinen panos-tuotostaulukko ja ympäristömoduuli on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 2.

4.3 Kiertotalouden ohjauskeinojen kytkentä yritystason malliin

Kiertotalouden edistäminen taloudellisilla ohjauskeinoilla tarvitsee mallinnusmenetelmiä, joilla arvioida niiden seurauksia (mm. Linder ym., 2017; Seppälä ym., 2016). Muodostetulla yritystason mallilla voidaan havainnollistaa, kuinka valittujen kiertotaloustoimenpiteiden käyttöönotto vaikuttaa muun muassa seuraaviin asioihin yrityksessä ja aluetaloudessa:

- yrityksen kustannusrakenteeseen
- yrityksen lopputuotteen hinnoitteluun ja kysyntään
- aluetalouteen
- materiaalivirtoihin
- päästöjen määrään
- työllisyyteen

Tikkanen ym. (2018) esittävät taloudellisia ohjauskeinoja kolmen kiertotaloudessa tärkeän tavoitetilän edistämiseksi. Nämä tavoitteet ovat luonnonvarojen käyttöönoton minimointi, tuotteiden pitäminen kierroissa mahdollisimman pitkään sekä jätteiden kierrätys raaka-aineiksi. Näistä tavoitteista mallin tarkasteluun valittiin erityisesti luonnonvarojen käyttöön kohdistuvia ohjauskeinoja seuraavista syistä. 1) Tämänhetkisessä ympäristöverotuksessa luonnonvarojen käyttöön kohdistuvia veroja ovat ainoastaan metsästys- ja kalastuslupamaksut, vaikka niille olisi syytä antaa enemmän painoarvoa. 2) Tärkeimmät ohjauskeinot tuotteiden kierron pidentämiseksi liittyvät tutkimus- ja kehittämistoiminnan tukiin. 3) Jätepolitiikan saralla on jo olemassa runsain mitoin erilaisia veroja ja maksuja jätteiden hyötykäytön edistämiseksi.

Luonnonvarojen käyttöön kohdistuvista taloudellisista ohjauskeinoista valittiin mallin perustilan lisäksi tarkasteluun

- 1) Maa-ainesvero
- 2) Vedenottovero ja vedenkäyttövero
- 3) Arvonlisäverokannan lasku kiertotaloutta harjoittavilla toimialoilla

Taloudellisten ohjauskeinojen lisäksi tarkasteluun valittiin esimerkkinä yrityksen sisäisistä kiertotaloustoimista muutokset energianlähteiden käytössä. Näiden toimenpiteiden valinta perustellaan ja kytkentä muodostettuun malliin kuvaillaan seuraavissa alaluvuissa.

4.3.1 Maa-ainesvero

Maa-ainesten otto aiheuttaa vahinkoa biodiversiteettiin ja maisemakuvaan, pöly- ja meluhaittoja, ja voi heikentää pohjavesien laatua. Neitseellisiin uusiutumattomiin luonnonvaroihin kohdistuvalla maa-ainesverolla pyritään sisäistämään näitä ympäristöhaittoja sisällyttämällä ympäristöhaitan kustannus maa-aineksen hintaan. Suomessa kerätään tällä hetkellä maa-ainesten otosta lupamaksuja, joiden tuotto käytetään hallinnollisten kustannusten kattamiseen. (Tikkanen ym., 2018) Tällä hetkellä maa-ainesveroja on käytössä mm. Iso-Britanniassa, Ruotsissa, Tanskassa, Virossa ja viidessä muussa Euroopan maassa hieman eri tavoittein ja painotuksin. Yleisimmin maa-ainesverot kattavat hiekan ja soran, mutta esimerkiksi Iso-Britanniassa ja Tanskassa myös kalliokiviainekset. (Valtiovarainministeriö, 2012)

Tehdyssä mallinnuksessa tutkittiin maa-ainesveron vaikutuksia Iso-Britannian esimerkin mukaisesti. Vero lisättiin yrityksen ja toimialojen maksamiin tuoteveroihin toimialan käyttämän maa-ainesten määrän perusteella, eli vero vaikutti muodostetussa mallissa suoraan välituotekäytön arvoon. Veroasteena käytettiin samaa kuin Iso-Britanniassa, 2 £/t eli noin 2,76 €/t. Veronalaisia luonnonvaroja olivat Iso-Britannian mallin mukaisesti sora, hiekka ja kalliokiviainekset, sisältäen kaiken muun niihin luonnollisesti sekoittuneen aineksen, kuten kaivu- ja leikkausjätteen. (Valtiovarainministeriö, 2012) Käytetyssä toimialajaottelussa maa-ainesten otto kuului toimialoihin kaivostoiminta ja louhinta (05-09), joten vero kytkettiin näiltä toimialoilta käytetyn veronalaisen maa-aineksen määrään.

4.3.2 Vedenotto- ja vedenkäyttövero

Vedenottovero on resurssivero, joka on maa-ainesveron tavoin jo käytössä Tanskassa, Saksassa, Alankomaissa ja useassa muussa Euroopan maassa. Sen tavoite on kannustaa vedenoton vähentämiseen, veden hävikin pienentämiseen ja tehokkaampaan käyttöön. Hävikillä tarkoitetaan puhdasta, verkostoon pumpattua, mutta hukkaan vuotanutta laskutamatonta vettä. Tanskassa vero kohdistuu vesilaitoksiin, jotka perivät veron veden käyttäjiltä. Vesilaitos ei kuitenkaan voi vyöryttää veroa käyttäjille, jos sen hävikki on yli 10 % otetusta vedestä. (Tikkanen ym., 2018) Tanskassa vedenottovero on kannustanut hävikin vähentämiseen vesiverkostossa, parantanut pintavesien laatua ja lisäksi veron ohjausvaikutus on vähentänyt kotitalouksien vedenkäyttöä 34 prosentilla 20 vuoden aikana. Suomelle vedenottovero olisi kiertotalousnäkökulmasta merkittävä haitallisten aineiden talteenoton ja ravinteiden kierrätyksen ja näin myös vesistöjen laadun kannalta. (Salminen, Tikkanen, & Koskiahho, 2016)

Mallinnuksessa vedenottoveroa tutkittiin samalla periaatteella ja veroasteella (5 DKK/m³, noin 0,67 €/m³) kuin Tanskassa. Suomessa vesilaitosten hävikki on keskimäärin 20 % verkostoon pumpatusta puhtaasta vedestä (Vesilaitosyhdistys, 2016), mikä tarkoittaa, että Suomessa vesilaitokset olisivat veron maksajia, ellei hävikkä pystytäkään vähentämään. Näin ollen vedenottovero lisättiin mallinnuksessa toimialan veden otto, puhdistus ja jakelu, jäte- ja jätevesihuolto (36-39) tuoteveroihin ja allokoitiin yritykselle ja muille toimialoille kasvaneen välituotekäytön kautta toimialoilta 36-39.

Toinen mallinnettu veden resurssivero on vedenkäyttövero, joka kohdistuu talousveden loppukäyttäjälle käytetyn määrän mukaisesti tai määritellyltä osuudelta käytöstä.

Esimerkiksi Alankomaissa on voimassa vedenkäyttövero, joka koskee tällä hetkellä kotitalouksien vedenkulutusta. Veron suuruus on 0,34 €/m³ ja se peritään 300 ensimmäiseltä käytetyltä kuutiolta talousvettä vuosittain.

Mallinnuksessa testattiin samankaltaista vedenkäyttöveroa, mutta laajennettiin veropohjaa myös toimialojen vedenkäyttöön. Vedenkäyttövero kohdistui yritykselle ja kaikille toimialoille niiden käyttämän talousveden mukaan. Vero kytkettiin mallissa yrityksen ja toimialojen maksamiin tuoteveroihin. Vedenkäyttöveron vaikutusta tutkittiin kaikelle talousveden käytölle, jolloin määrällisiä rajoja ei käytetty.

4.3.3 Arvonlisäverokannan lasku

Arvonlisävero (alv) on tuotteiden ja palvelujen kulutusvero. Suomessa yleinen alv-kanta on 24 %, mutta joihinkin tuotteisiin ja palveluihin sovelletaan 10 % (mm. kirjat, lääkkeet, liikunta-, kulttuuri- ja majoituspalvelut) tai 14 % (mm. elintarvikkeet, rehut, ravintolapalvelut) verokantoja. Lisäksi esimerkiksi yliopisto- ja ammattikoulutus, rahoitus- ja vakuutuspalvelut sekä sosiaali- ja terveystaloudelliset palvelut ovat täysin arvonlisäverovapaita. (Tikkanen ym., 2018) Ympäristöperusteiden alennettuja alv-kantoja ei ole Suomessa tähän mennessä sovellettu, mutta esimerkkejä tästä löytyy muualta Euroopasta. Esimerkiksi Portugalissa uusiutuvan energian tuotannossa ja käytössä tarvittaville laitteille sekä Ruotsissa huolto- ja korjauspalveluille on voimassa 12 % verokanta. (EK, 2016; Tikkanen ym., 2018)

Muodostetussa mallissa alv-kannan alennuksia testattiin koko toimialan kattavina. Alv-kantaa madallettiin toimialoilla metsätalous ja kalatalous (02-03), puuteollisuus (16) sekä paperiteollisuus (17) nykyisestä 24 prosentista 10 prosenttiin. Todellisuudessa arvonsäverokannan alennus kuitenkin toteutettaisiin tarkemmin kriteerein tuotekohtaisesti, jotta se varmemmin kohdistuisi haluttuihin materiaalitehokkaisiin ratkaisuihin (EK, 2016). Arvioimalla vaikutuksia toimialoittain saadaan kuitenkin suuntaa-antavia tuloksia ohjauskeinojen vaikutuksista.

Alv-kannan muutos on erityyppinen ohjauskeino aiemmin esitettyihin ohjauskeinoihin verrattuna. Maa-aineksiin ja veteen kohdistuvat verot ovat tuoteveroja, jotka sisältyvät lopputuotteen arvonsäverottomaan hintaan, kun taas arvonsävero on kulutusvero, joka lisätään lopputuotteen myyntihintaan kyseisen tuotteen alv-kannan mukaisesti.

4.3.4 Yrityksen sisäiset kiertotaloustoimet

Valtion taholta tulevien taloudellisten ohjauskeinojen lisäksi muodostetun mallin avulla voidaan tarkastella yrityksen itsensä tekemiä kiertotalouden mukaisia muutoksia omassa toiminnassaan. Esimerkki tällaisesta muutoksesta on neitseellisen raaka-aineen korvaaminen osittain tai kokonaan kierrätysraaka-aineella. Mallinnukseen valitun esimerkkiyrityksen, paperi- ja kartonkitehtaan tapauksessa teollisuuden prosessit ovat kuitenkin hioutuneet optimaalisiksi vuosikymmenien varrella, joten jätepaperin osuuden lisäys ei tekniset ominaisuudet huomioiden ole järkevää eikä sen mallintaminen ole mielekästä. Tästä syystä mallilla testattiin mahdollisia muutoksia yrityksen energianlähteiden käytössä.

Esimerkkiyritys käyttää energiantuotantoon omista prosesseistaan saatavia sivutuotteita biolietettä ja puun kuorta, ja lisäksi ostaa metsätähdehaketta, jyrshinturvetta ja raskasta polttoöljyä (Taulukko 2). Bioliete on paperin- ja selluntuotannossa syntyvä sivutuote, joka huonosta lämpöarvostaan huolimatta päätyy poltettavaksi, koska sille ei ole muita taloudellisesti mielekkäitä hyötykäyttökohteita. Viime vuosina biolietettä on alettu käyttää kiertotalousperiaatteiden mukaisesti lannoite- ja maanparannustuotteiden raaka-aineena ja sen käytön on myös todettu parantavan peltomaiden laatua ja vähentävän rehevöittäviä päästöjä (Kuokkanen, ym. 2015). Kun paperiteollisuuden sivutuotteena syntyy biolietettä ohjataan enenevissä määrin lannoitus- ja maanparannustarkoituksiin, yritys korvaa syntyvää energiavajetta lisäämällä muiden käyttämiensä energianlähteiden osuutta. Mallinnuksessa tarkasteltiin vaihtoehtoisia korvaavia energianlähteitä biolietteelle.

5 Numeerinen testaus

5.1 Esimerkkiyritys laajennetun mallin perustilassa

Kun yritystaso on teoreettiselta pohjalta integroitu alueelliseen resurssivirtamalliin, voidaan malliin lisätä valitun esimerkkiyrityksen tiedot ja tehdä numeerista tarkastelua halutusta näkökulmasta. Teoreettisen mallin toimintaa testattiin toimialalla paperiteollisuus (17) toimivalla esimerkkiyrityksellä, joka tuottaa lopputuotteenaan paperia ja kartonkia. Malliin integroitava yritys on kuvitteellinen, kokoluokaltaan 800 miljoonan euron liikevaihdon synnyttävä ja toiminnaltaan vastaava kuin muut suomessa toimivat paperiteollisuuden yritykset. Tarkastelussa oletettiin, että yritys tulee alueelle uutena. Tässä luvussa kuvataan mallin perustila, johon kiertotaloustoimien vaikutuksia verrataan myöhemmissä luvuissa.

Esimerkkiyrityksen lisääminen resurssivirtamalliin vaatii numeeriset arviot raha- ja materiaalmääräisestä panoskäytöstä muilta toimialoilta ja tuotannon myynnistä muille toimialoille. Lähtötietoina raha- ja materiaalmääräisissä taulukoissa käytettiin viitteellisiä lukuja, jotka ovat samaa kokoluokkaa kuin muiden vastaavien paperiteollisuuden yritysten raha- ja materiaalivirrat. Lähtötiedot kerättiin julkisista tietolähteistä ja skaalattiin asiantuntija-arvioiden perusteella paperiteollisuuden yritykselle, jonka vuosituotannon määrä on 622 000 tonnia lopputuotetta. Lisäksi arvioitiin, kuinka suuri osuus yrityksen käyttämistä panoksista tulee alueelta, muualta kotimaasta ja ulkomailta, ja kuinka suuri osuus tuotannosta viedään muualle kotimaahan tai ulkomaille. Taulukossa 1 on esitetty esimerkkiyrityksen tuotokset sekä arviot tuotosten viennin jakautumisesta maantieteellisesti. Taulukossa 2 on kuvattu yrityksen käyttämät panokset ja niiden alkuperä sekä toimialoittain että maantieteellisesti.

Taulukko 1. Esimerkkiyrityksen tuotokset ja viennin jakautuminen.

Tuotos	Määrä (t, GWh)	Alueelle jäävä osuus	Kotimaan viennin osuus	Ulkomaan viennin osuus
paperi ja kartonki	622 000	0 %	5 %	95 %
siistausmassa	212 000	100 %	0 %	0 %
mekaaninen puumassa	283 000	100 %	0 %	0 %
lämpö	800	100 %	0 %	0 %

Taulukko 2. Esimerkkiyrityksen käyttämät panokset ja niiden alkuperä toimialoittain ja maantieteellisesti.

Raaka-aine/palvelu	Määrä	Yksikkö	Toimiala	Alueelta, %	Muualta Suomesta, %	Ulkomailla, %
hake ja puru	193 000	t	metsätalous	75	25	0
kuusi	181 000	t	metsätalous	75	25	0
ostosellu	42 000	t	paperiteollisuus	50	50	0
jätepaperi	212 000	t	jätehuolto	30	70	0
prosessikemikaalit	117 000	t	kemianteollisuus	16	42	42
energia (lämpö ja sähkö)	1 900	GWh	energhahuolto	45	45	10
vesi (jäähdytys- ja prosessivesi)	12	Mt	-	100	0	0
puupohjaiset energianlähteet (bioliete, kuori, metsätähdehake ja -murske)	307 000	t	metsätalous ja yrityksen omat prosessit	87	13	0
jyrsinturve	41 000	t	kaivostoiminta ja louhinta	10	90	0
raskas polttoöljy	2 000	t	kemianteollisuus	0	10	90
logistiikka- ja tietoliikennepalvelut	13	M€	useita	70	25	5
kiinteistö-, tutkimus- ja liike-elämän palvelut	10	M€	useita	50	30	20
muut palvelut	4	M€	useita	77	17	6
työvoima	500	htv	-	-	-	-

Kun panosten ja tuotannon määrät olivat tiedossa, yksikköhintoja käyttämällä voitiin laskea rahamääräiset arvot yrityksen riviin ja sarakkeeseen alueellisessa panos-tuotostaulukossa. Yksityiskohtaiset rahamääräiset resurssivirratt yrityksen ja toimialojen välillä ovat nähtävissä liitteessä 2.

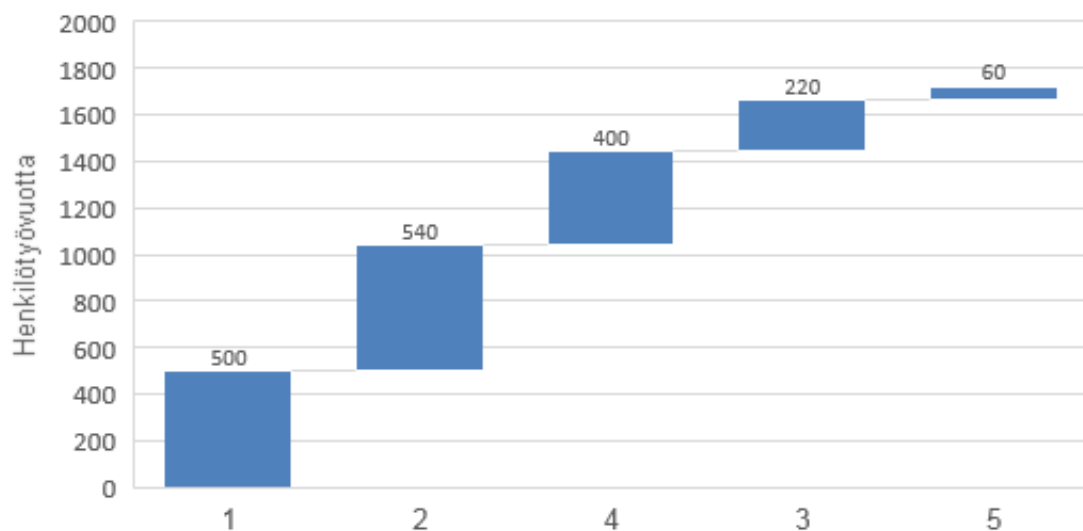
Esimerkkiyrityksen tulo alueelle aiheuttaa sekä välittömiä että välillisiä vaikutuksia (kerrannaisvaikutuksia) Lapin aluetalouteen taulukon 3 mukaisesti. Välittömät vaikutukset määrittyvät yrityksen riviin ja sarakkeeseen syötettyjen arvojen pohjalta. Välittömät vaikutukset toimivat ajureina mallin laskemille kerrannaisvaikutuksille, jotka kuvaavat, kuinka muutos yhdellä toimialalla vaikuttaa alueen muilla toimialoilla niiden väliset riippuvuudet huomioon ottaen. Yrityksen tulo alueelle kasvattaa mm. Lapin bruttokansantuotetta yhteensä noin 9,1 prosentilla. Uusia vuosittaisia investointeja syntyy 12

miljoonan euron arvosta ja kerrannaisvaikutukset mukaan lukien yhteensä 45 miljoonan euron arvosta.

Taulukko 3. Lappiin kohdistuvat aluetalousvaikutukset esimerkkiyrityksen saapumisesta alueelle.

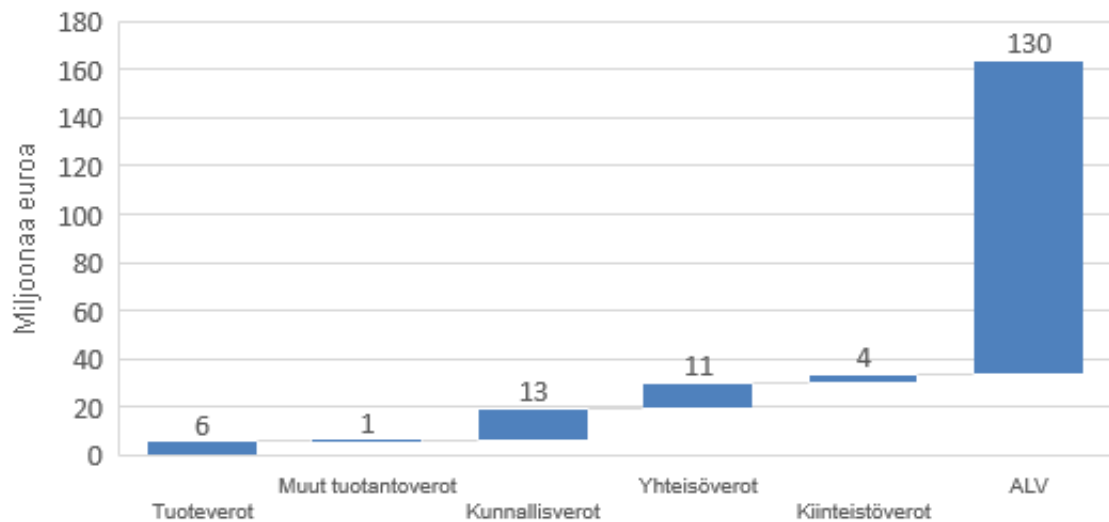
	Välittömät vaikutukset	Kerrannaisvaikutukset	Yksikkö
Välituotekäyttö	260	165	M€
Palkansaajakorvaukset	35	30	M€
Arvonlisäys	540	5	M€
Tuotos perushintaan	800	170	M€
Investoinnit	10	35	M€
Työllisyys	500	940	htv
BKT (osuus Lapin BKT:sta)	545 (8,97 %)	9 (0,14 %)	M€

Yrityksen välittömät ja välilliset työllisyysvaikutukset on esitetty kuvassa 3. Yritys synnyttää 500 uutta työpaikkaa ja kerrannaisvaikutusten myötä alueelle syntyy yhteensä 940 uutta työpaikkaa muilla toimialoilla, joista 400 kasvaneen kulutuskysynnän myötä. Lisäksi tuotannon ja kulutuksen kasvun kerrannaisvaikutuksina syntyy yhteensä 280 työpaikkaa muualle Suomeen.



Kuva 3. Työllisyysvaikutukset esimerkkiyrityksen saapumisesta alueelle. (1= suorat vaikutukset, 2 = tuotannon kerrannaisvaikutukset Lappi, 3 = kulutuksen kerrannaisvaikutukset Lappi, 4= tuotannon kerrannaisvaikutukset Suomi, 5 = kulutuksen kerrannaisvaikutukset Suomi.)

Esimerkkiyritys kasvattaa myös alueelta saatavia verotuloja. Kuvassa 4 esitetään yrityksen alueelle tulon myötä syntyvä uusi verokertymä Lapin osalta jaoteltuna tuote- ja tuotantoveroihin, kunnallisveroihin, yhteisöveroihin, kiinteistöveroihin ja arvonlisäveroon. Suurin uusi verokertymä syntyy yrityksen tuotannon myötä arvonlisäverona. Näiden lisäksi myös muualta Suomesta saatavat verotulot kasvavat.



Kuva 4. Verokertymän muutos Lapissa esimerkkiyrityksen saapumisen seurauksena.

Esimerkkiyrityksen tulo alueelle muuttaa myös alueen materiaalivirtoja taulukon 4 mukaisesti. Materiaalikäytön kasvu on suurinta toimialojen metsätalous ja kalatalous tarjoamien raaka-aineiden (589 100 tonnia) sekä kemianteollisuuden tarjoamien tuotteiden (131 400 tonnia) osalta. Tämä on suoraan yhteydessä siihen, mitä alueelle tuleva paperiteollisuuden esimerkkiyritys käyttää panoksinaan.

Taulukko 4. Materiaalikäytön muutos toimialoittain Lapissa esimerkkiyrityksen saapumisen seurauksena.

Toimiala	Määrä	Yksikkö
01 Maatalous ja metsästys	18 300	t
02-03 Metsätalous ja kalatalous	589 100	t
05-09 Kaivostoiminta ja louhinta	65 700	t
10-12 Elintarviketeollisuus	1 500	t
13-15 Tekstiili-, vaatetus- ja nahkateollisuus	100	t
16 Puuteollisuus	6 900	t
17 Paperiteollisuus	45 900	t
18 Painaminen	0	t
19-21 Kemianteollisuus (pl. kumi- ja muovituotteet)	131 400	t
22 Kumi- ja muovituotteiden valmistus	300	t
23 Rakennusaineteollisuus	3 800	t
24 Metallien jalostus	300	t
25 Metallituotteiden valmistus	1 500	t
26 Elektroniikkateollisuus	0	t
27 Sähkölaitteiden valmistus	100	t
28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	100	t
29-30 Kulkuneuvojen valmistus	100	t
31-32 Muu valmistus ml. huonekalut	0	t
35 Energiahuolto	2 200	GWh

Resurssivirtojen aiheuttamat päästöt ympäristöön vaikutusluokittain ja niiden jakautuminen toimialoittain on esitetty kuvissa 5-8. Absoluuttisten arvojen sijaan päästöt on suhteutettu miljoonan euron kokonaistuotokseen kullakin toimialalla, jolloin eri toimialojen ympäristövaikutukset ovat helpommin vertailtavissa keskenään. Kuvissa esimerkkiyrityksen osuus on sisällytetty mukaan paperiteollisuuden toimialan päästöihin.

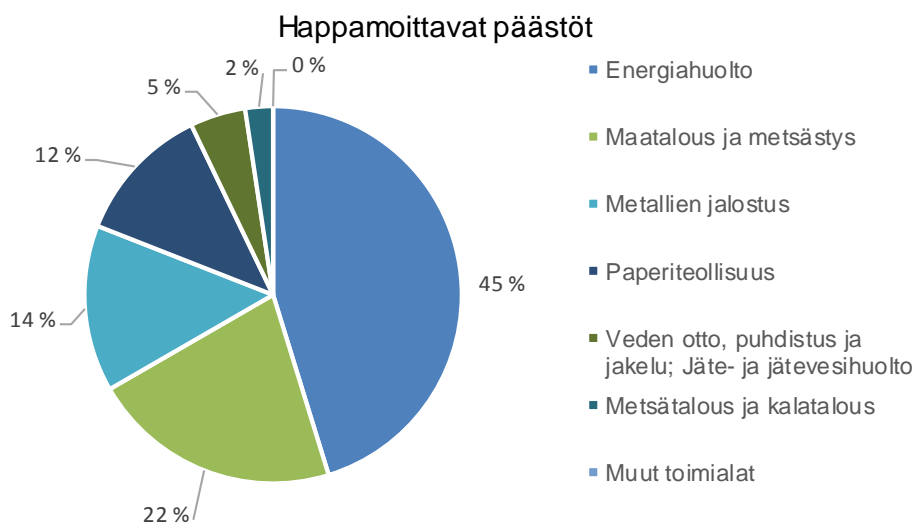
Lapissa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt ovat yhteensä noin 8,7 miljoonaa tonnia CO₂-ekvivalenttia vuodessa, joka on noin 16 % koko Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (SVT, 2015). Alueen toimialat, joilla syntyy vuosittain yli 100 000 tonnia CO₂-ekvivalenttia kasvihuonekaasupäästöjä, on eritelty kuvassa 5. Kyseiset toimialat tuottavat noin 98 prosenttia kaikista Lapin kasvihuonekaasupäästöistä, selvästi suurimpana lähteenä

toimiala energiahuolto 62 prosentin osuudella. Paperiteollisuuden osuus kasvihuonekaasupäästöistä on vain noin 5 %.



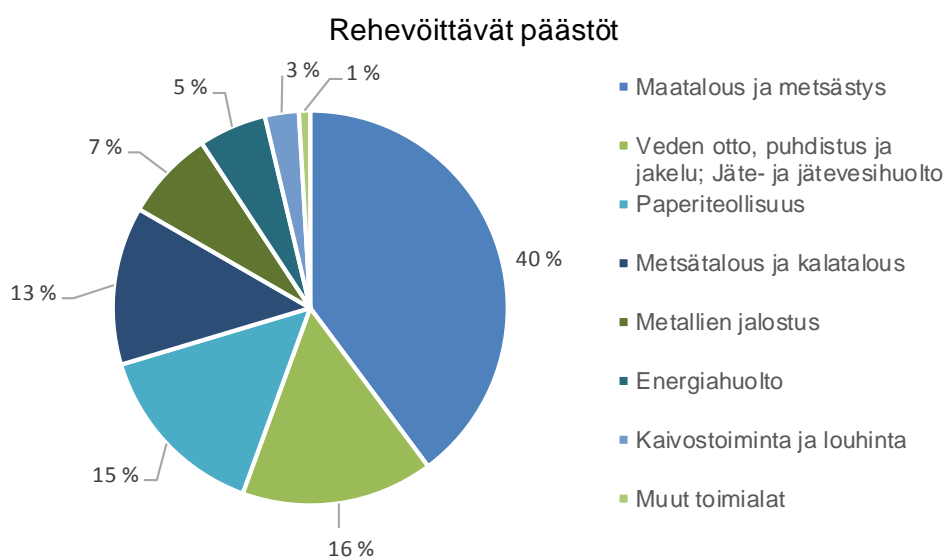
Kuva 5. Kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen toimialoittain Lapissa, kokonaispäästöt 8,7 milj. t CO₂-ekv.

Happamoittavia päästöjä muodostuu Lapissa vuodessa noin 4200 tonnia AE-ekvivalenttia, joka vastaa noin 231 000 suomalaisen henkilön keskimääräisiä happamoittavia päästöjä vuodessa (Savikko ym., 2018). Energiahuolto aiheuttaa 45 % happamoittavista päästöistä, johtuen polttoprosesseissa syntyvistä typen ja rikin oksideista. Toinen merkittävä happamoittavien päästöjen lähde on maatalous ja metsästys (22 %), jossa taustatekijöinä ovat todennäköisesti lannasta aiheutuvat ammoniakkipäästöt ja maatalouden energiankäyttö.



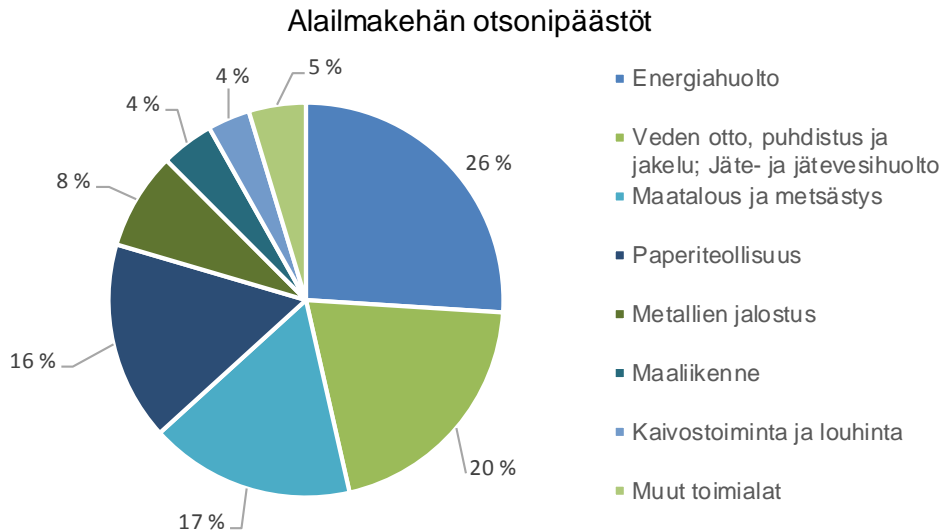
Kuva 6. Happamoittavien päästöjen jakautuminen toimialoittain Lapissa, kokonaispäästöt 4200 t AE-ekv.

Rehevöittäviä päästöjä Lapissa syntyy vuodessa noin 1080 tonnia PO43-ekvivalenttia, joka vastaa noin 305 000 suomalaisen henkilön keskimääräisiä rehevöittäviä päästöjä vuodessa (Savikko ym., 2018). Suurin rehevöittävien päästöjen aiheuttaja on toimiala maatalous ja metsästys (40 %) johtuen peltolannoitteiden typpi- ja fosforihuuhtoumista. Muita suurimpia rehevöittävien päästöjen lähteitä ovat toimialat veden otto, puhdistus ja jakelu, jäte ja jätevesihuolto (16 %), paperiteollisuus (15 %) sekä metsätalous ja kalatalous (13 %). Myös paperiteollisuuden ja metsätalouden osuuksien taustalla ovat todennäköisimmin typpi- ja fosforipäästöt vesistöihin.



Kuva 7. Rehevöittävien päästöjen jakautuminen toimialoittain Lapissa, kokonaispäästöt 1080 t PO43-ekv.

Alailmakehän otsonipäästöjä muodostuu Lapissa eniten toimialoilla energiahuolto (26 %), missä syntyy paljon typen oksideja polttoprosesseissa, sekä veden otto, puhdistus ja jakelu; jäte ja jätevesihuolto (20 %), johtuen todennäköisesti jätehuollon aiheuttamista metaanipäästöistä.



Kuva 8. Alailmakehän otsonipäästöjen jakautuminen toimialoittain Lapissa, kokonais-päästöt 5,7 milj. 1000 m²*ppm*h.

Yksityiskohtaiset resurssivirroista aiheutuvat päästöt ympäristöön mallin perustilassa ovat nähtävissä liitteen 2 ympäristölaajennetussa alueellisessa panos-tuotostaulukossa.

5.2 Ylhäältä tulevien ohjauskeinojen vaikutukset

Seuraavassa kuvataan kunkin luvussa 4.3 kuvatun taloudellisen ohjauskeinoon vaikutuksia mallin perustilaan yrityksen, aluetalouden ja koko maan näkökulmista. Ohjauskeinojen vaikutuksia tarkastellaan myös suhteessa tietoihin, joita on saatavilla muissa maissa käytössä olevista vastaavista ohjauskeinoista.

Yrityksen näkökulmasta on olennaista arvioida, kuinka ylhäältä päin tulevat ohjauskeinot vaikuttavat lopputuotteen hintaan ja kysyntään. Kaikkien ohjauskeinojen vaikutusta esimerkkiyrityksen lopputuotekysyntään tutkitaan kysynnän hintajoustojen avulla, käyttäen kaavaa

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\frac{\Delta P}{P}} \quad (13)$$

jossa ε on kysynnän hintajousto, $\frac{\Delta Q}{Q}$ kysynnän suhteellinen muutos ja $\frac{\Delta P}{P}$ hinnan suhteellinen muutos. (Mankiw & Taylor, 2011) Kysynnän hintajousto on keskiössä siinä, miten verouudistukset näkyvät yrityksen lopputuotteen hinnassa ja vaikuttavat hinnan

kautta lopputuotekysyntään. Tarkastellun esimerkkiyrityksen lopputuotteille paperille ja kartongille ei ole olemassa läheisiä substituuotteja eli hyödykkeitä, jotka tyydyttäisivät samoja tarpeita. Siksi niiden kysyntä on aikaisempiin selvityksiin perustuen lyhyellä aikavälillä melko joustamatonta (kysynnän hintajousto -0,1) (Rasi, Toppinen, & Hänninen, 1999). Näin ollen muutos lopputuotteen hinnassa vaikuttaa sen kysyntään suhteellisen vähän.

Maa-ainesveron ja veden resurssiverojen kohdalla tutkitaan lisäksi, kuinka veronalaisten luonnonvarojen hinta ja kysyntä muuttuvat, ja kuinka muutokset vaikuttavat niiden käyttöön välituotteina kaikilla toimialoilla. Sekä maa-ainesten että veden kysynnän hintajoustot ovat matalia. Vesi on välttämättömyshyödyke, jonka kysynnän hintajousto on erittäin pieni, noin -0,05 (ECOTEC, 2001). Maa-ainesten kysynnän hintajousto vaihtelee riippuen esimerkiksi maa-aineksesta, talouden suhdanteista ja korvaavien materiaalien saatavuudesta. Soran ja hiekan kysynnän hintajouston on arvioitu vaihtelevan välillä -0,21 ja -0,35 ja kalliokiviainesten välillä -0,3 ja -0,5 (Parikka, 2006), joista tässä mallinnuksessa otettiin käyttöön arvo -0,3.

5.2.1 Vaikutukset yrityksen talouteen ja tuotantoon

Maa-ainesveroa maksetaan käytetyn materiaalmäärän perusteella, joten ohjauskeinon suora vaikutus esimerkkiyrityksen rahamääräisiin resurssivirtoihin on hyvin pieni, koska paperiteollisuuden yritys ei käytä tuotantopanoksinaan veronalaisia maa-aineksia. Taulukko 5 esittää ohjauskeinojen vaikutukset (suorat ja kerrannaisvaikutukset yhteensä) esimerkkiyrityksen taloudellisiin suureisiin.

Taulukko 5. Muutokset esimerkkiyrityksen rahamääräisissä resurssivirroissa ohjauskeinojen seurauksena, sisältäen kerrannaisvaikutukset (miljoonaa euroa ja prosenttia perustilaan verrattuna).

	Maa-aines- vero		Vedenotto- vero		Vedenkäyttö- vero		Alv-kannan lasku	
	M€	%	M€	%	M€	%	M€	%
Välituotekäyttö	0,00	0,00	0,68	0,26	0,37	0,14	2,94	1,13
Arvonlisäys	0,00	0,00	-0,65	-0,12	-0,06	-0,01	3,41	0,63
Tuotos perushintaan	0,00	0,00	0,03	0,00	0,31	0,04	6,35	0,79

Vedenottoverosta ei aiheudu suoraa verovelvoitetta yritykselle, mikäli se toteutetaan Tanskan mallin mukaisesti siten, että se kohdistuu vesilaitosten maksettavaksi (vesiverkoston hävikin ollessa Suomessa yli 10 prosenttia). Vedenottovero kuitenkin kasvattaa vedenoton kustannuksia toimialalla veden otto, puhdistus ja jakelu (36), jonka voidaan olettaa siirtyvän hintoihin ja tätä kautta se kasvattaa myös yrityksen välituotekäyttöä rahamääräisesti laskien samalla arvonlisäystä. Käyttäjälle kohdistuvan vedenkäyttöveron vaikutus on samansuuntainen, mutta hieman pienempi, johtuen alemmasta veroasteesta. Erona vedenottoveroon vedenkäyttöveron synnyttämä välituotekäytön rahamääräinen kasvu johtuu lähes yksinomaan yrityksen kasvaneista tuoteveroista.

Alv-kannan lasku kasvattaa paperin ja kartongin kysyntää ja yritys kasvattaa tuotantoaan, jolloin niin yrityksen välituotekäyttö, arvonlisäys kuin tuotos perushintaankin kasvavat. Erona edellisiin ohjauskeinoihin, välituotekäytön kasvu koostuu tässä tapauksessa alueellisten ja kotimaan tuontituotteiden käytön lisäyksestä.

Lähes kaikki muutokset taloudellisissa suureissa ovat alle prosentin luokkaa, joten tässä tarkastelluilla veroasteilla kyse ei ole merkittävän suurista muutoksista esimerkiksi yrityksen rahamääräisissä resurssivirroissa.

Kun tarkastellaan eri ohjauskeinojen vaikutuksia yrityksen maksamiin veroihin, huomataan, että maa-ainesveron vaikutus on jälleen alhaisin (Taulukko 6). Tarkastelusta ilmenee myös, kuinka vedenottoveron vaikutus yritykseen on epäsuora (syntyy välituotekäytön arvon nousun kautta), mutta vedenkäyttövero kasvattaa yrityksen maksamaa tuoteveroa noin 341 900 eurolla (14,7 %). Suurin muutos yrityksen maksamissa veroissa aiheutuu toimialan paperiteollisuus (17) alv-kannan huomattavan laskun johdosta, jolloin esimerkiksi yritys maksaa noin 75 miljoonaa euroa (57,8 %) vähemmän arvonlisäveroa.

Taulukko 6. Muutokset esimerkkiyrityksen maksamissa veroissa ohjauskeinojen seurauksena, sisältäen kerrannaisvaikutukset (tuhatta euroa ja prosenttia perustilaan verrattuna).

	Maa-aines- vero		Vedenotto- vero		Vedenkäyttö- vero		Alv-kannan lasku	
	1000 €	%	1000 €	%	1000 €	%	1000 €	%
Tuoteverot	0,2	0,01	0,1	0,00	341,9	14,71	18,0	0,79
Muut tuotantoverot	0,0	0,00	0,0	0,00	-0,2	0,04	-4,0	0,79
Kunnallisverot	0,0	0,00	0,3	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00
Yhteisöverot	0,1	0,0	-17,4	-0,15	-2,5	-0,02	79,0	0,66
Kiinteistöverot	0,0	0,00	0,1	0,00	0,9	0,04	18,0	0,79
Alv	0,7	0,00	-156,9	-0,12	-17,3	-0,01	-75 244,0	-57,81

Taulukossa 7 esitetään ohjauskeinojen vaikutukset paperin ja kartongin yksikköhintaan ja alkuperäiseen tuotannon määrään (622 000 tonnia). Maa-ainesveron tapauksessa muutos paperin ja kartongin hinnassa ja sitä kautta kysynnässä on pieni. Paperitehtaan tapauksessa maa-ainesvero ei heijastu lopputuotteen hintoihin, mutta tilanne olisi todennäköisesti eri, jos tarkastelussa olisi runsaasti maa-aineksia hyödyntävän toimialan yritys, kuten esimerkiksi rakennusalan yritys. Myös molempien tarkasteltujen veden resurssiverojen vaikutus paperin ja kartongin hintaan ja kysyntään on marginaalinen. Ainoastaan vedenkäyttövero nostaa lopputuotteen hintaa 0,06 prosentilla, mikä tarkoittaa (kysynnän hintajouston kaavaa (13) hyödyntäen) 0,05 prosentin laskua tuotannon määrässä.

Alv-kannan lasku 24 prosentista 10 prosenttiin muuttaa vain paperin ja kartongin myyntihintaa, arvonlisäveroton hinta pysyy samana. Alemmalla alv-kannalla yrityksen lopputuotteen myyntihinta laskee 11,3 prosenttia, mikä nostaa kysynnän hintajouston mukaan lopputuotekysyntää 0,8 prosentilla (Taulukko 7). Kysynnän kasvu tarkoittaa noin seitsemän tonnin kasvua tuotannon määrässä. Yritys myös kasvattaa panoskäyttöään määrällä, joka tarvitaan kattamaan tämä tuotannon lisäys. Tuotannon ja panoskäytön lisäys heijastuu kerrannaisvaikutuksina koko aluetalouteen.

Taulukko 7. Muutokset yrityksen lopputuotteen kysynnässä, tuotannossa ja hinnassa ohjauskeinojen seurauksena.

		Maa-aines- vero	Veden- ottovero	Veden- käyttövero	Alv-kan- nan lasku
Yksikköhinnan muutos	%	0,00	0,00	0,06	-11,29
Lopputuotekysynnän muutos	M€	0,00	0,00	0,31	6,33
	%	0,00	0,00	0,04	0,79
Tuotannon muutos	t	0	0	-300	7000
	%	0,00	0,00	-0,05	1,13

5.2.2 Aluetaloudelliset vaikutukset

Ohjauskeinojen vaikutus Lapin aluetalouteen on esitetty taulukossa 8. Maa-ainesveron käyttöönnoton johdosta verotettavien maa-ainesten (sora, hiekka ja kalliokiviainekset) keskihinta nousee 6,9 prosentilla. Aluetalouden mittakaavassa maa-ainesveron vaikutus Lapin välituotekäyttöön on noin 5 miljoonaa euroa. Alueen työllisyys kasvaa kerrannaisvaikutusten seurauksena 34 henkilötyövuodella, mikä voi johtua esimerkiksi lisääntyneen kierrätyksen vaatimista resursseista. Sekä alueen arvonlisäys että BKT kasvavat noin neljällä miljoonalla eurolla. Muutokset ovat suuruusluokaltaan alle prosentin kymmenyksen luokkaa.

Taulukko 8. Muutokset Lapin rahamääräisissä resurssivirroissa ohjauskeinojen seurauksena (miljoonaa euroa ja prosenttia perustilaan verrattuna).

	Maa-aines- vero		Vedenotto- vero		Vedenkäyt- tövero		Alv-kan- nan lasku	
	M€	%	M€	%	M€	%	M€	%
Välituotekäyttö	5	0,07	31	0,42	7	0,09	4	0,05
Palkansaajakorvaukset	2	0,06	3	0,12	0	0,01	0	0,01
Arvonlisäys	4	0,06	-13	-0,22	-5	-0,08	4	0,07
Tuotos perushintaan	9	0,06	18	0,13	2	0,02	8	0,06
Investoinnit	2	0,17	12	0,81	1	0,08	0	0,02
Työllisyys (htv)	34	0,04	92	0,12	9	0,01	8	0,01
BKT	4	0,06	-1	-0,02	1	0,01	4	0,07

Vedenottovero kasvattaa vedenoton kustannuksia toimialalla veden otto, puhdistus ja jakelu (36), mikä kasvattaa välituotekäytön arvoa alueen kaikilla toimialoilla, yhteensä 31 miljoonalla eurolla (Taulukko 8). Välittömien ja välillisten tuotannon muutosten johdosta alueen työllisyys kasvaa 92 henkilötyövuodella. Sekä työllisyyden että investointien kasvusta suurin osa (54 henkilötyövuotta ja 11 miljoonaa euroa) tulee juuri toimialalta veden

otto, puhdistus ja jakelu. Syinä tälle voivat olla esimerkiksi veron aiheuttama kannustin verkoston kunnostusinvestoinneille sekä työpanoksen lisäys kunnostus- ja hallintotehtävissä.

Vedenkäyttövero kerätään tuoteverona alueen kaikkien toimialojen talousveden käytön mukaan, joten seitsemän miljoonan euron välituotekäytön lisäys on seurausta kasvaneista tuoteveroista (Taulukko 8). Kun otetaan huomioon vedenkäyttöveron vaikutukset kaikille toimialoille, alueen työllisyys kasvaa yhdeksällä henkilötyövuodella, josta suurin osa (5 henkilötyövuotta) tulee toimialalta veden otto, puhdistus ja jakelu. Taustalla tähän voi olla hallinnollisten resurssien tarve lyhyellä aikavälillä, sillä veron vaikutuksesta vedenkäytön tulisi laskea ja myös työvoiman tarpeen vähentyä. Kaiken kaikkiaan molempien veden resurssiverojen vaikutukset jäävät aluetalouden tasolla jälleen alle prosentin suuruusluokkaan.

Alv-kannan laskun aluetalousvaikutuksiin ei ole sisällytetty lopputuotekysyntöjen muutoksia muutoin kuin esimerkkiyrityksen tietojen osalta. Muutokset aluetaloudessa olisivat laajempia, jos mallinnettaisiin toimialojen metsätalous ja kalatalous (02-03), puuteollisuus (16) ja paperiteollisuus (17) alv-kannan laskun vaikutukset lopputuotteiden kysyntään kaikilla 57 toimialalla. Mallinnus olisi tarvinnut yksityiskohtaisempia tietoja kysynnän hintajoustoista, eikä niitä ollut tämän tutkielman puitteissa saatavilla. Kuitenkin jo esimerkkiyrityksen tarkastelun pohjalta alv-kannan lasku kyseisillä toimialoilla kasvattaa alueen BKT:tä neljällä miljoonalla eurolla (Taulukko 8). Esimerkkiyrityksen lopputuotekysynnän kasvu lisää alueen työllisyyttä kahdeksalla henkilötyövuodella, joka jakautuu mm. toimialoille metsätalous ja kalatalous (02-03), energiahuolto (35), paperiteollisuus (17) sekä maaliikenne (49).

Ohjauskeinojen aikaansaamat muutokset valtion verotuloissa Lapin alueelta on esitetty taulukossa 9. Kun otetaan huomioon maa-ainesten käyttö välituotteina kaikilla toimialoilla, kokonaisverokertymä kasvaa 1,7 miljoonalla eurolla, josta tuoteverojen osuus on noin 400 000 euroa. Suurin verotaakka maa-ainesverosta kohdistuu toimialoille metallien jalostus (tuoteverokertymä noin 163 000 euroa), ja kaivostoiminta ja louhinta (tuoteverokertymä noin 130 000 euroa). Suhteellisesti eniten maksettujen tuoteverojen määrä kasvoi toimialoilla kaivostoiminta ja louhinta (2,26 %) ja rakennusaineteollisuus (1,30 %).

Taulukko 9. Muutokset Lapin verokertymissä ohjauskeinojen seurauksena (muutos miljoonaa euroa ja prosenttia perustilaan verrattuna).

	Maa-aines- vero		Vedenotto- vero		Vedenkäyttö- vero		Alv-kannan lasku	
	M€	%	M€	%	M€	%	M€	%
Tuoteverot	0,4	0,16	12,2	4,40	5,6	2,02	0,1	0,02
Muut tuotanto- verot	0,0	0,04	-0,1	0,22	0,0	-0,03	0,0	0,01
Kunnallisverot	0,4	0,06	0,7	0,12	0,1	0,01	0,1	0,01
Yritysten yhteisöverot	0,0	0,02	-0,5	-0,98	-0,1	-0,28	0,1	0,17
Kiinteistöverot	0,1	0,07	0,2	0,20	0,0	0,02	0,0	0,03
Arvonlisävero	0,8	0,08	-2,9	-0,28	-1,0	-0,09	-141,2	-13,71
Yhteensä	1,7	0,09	9,5	0,48	4,6	0,23	-141,0	-7,13

Vedenottoveron myötä kokonaisverokertymä kasvaa 9,5 miljoonalla eurolla. Tästä suurin osa on peräisin toimialan veden otto, puhdistus ja jakelu (36) kasvaneesta tuoteverosta. Vedenkäyttövero taas kasvattaa kokonaisverokertymää yhteensä 4,6 miljoonalla eurolla, joka koostuu pääasiassa tuoteveron noususta esimerkkiyrityksessä ja kaikilla 57 toimialalla.

Lapin alueelta kertyvän valtion verotulon muutos on merkittävin, kun tutkitaan alv-kannan laskua. Toimialat metsätalous ja kalatalous (02-03), puuteollisuus (16) ja paperiteollisuus (17) tuottavat yhteensä alun perin noin 244 miljoonan euron alv-kertymän. Alemman alv-kannan myötä kertymä on noin 102 miljoonaa euroa, mikä tarkoittaa 141 miljoonan euron (noin 13,7 prosentin) laskua alueen arvonlisäverotuloissa. Kaikki verotyypit mukaan lukien verotulot alueelta laskevat noin 7,1 prosentilla. Kuten aluetalouden resursivirtojen kohdalla (Taulukko 8), myös tässä tarkastelussa lopputuotekysynnän muutos on samoista syistä huomioitu vain esimerkkiyrityksen, ei kaikkien alemman alv-kannan saaneiden toimialojen osalta.

5.2.3 Valtakunnalliset verokertymät ja vertailu edelläkävijämaihin

Taulukko 10 esittää maa-ainesveron, vedenottoveron ja vedenkäyttöveron aiheuttamat muutokset valtakunnallisissa verotuloissa. Laskennassa on huomioitu myös maa-ainesten ja veden kysynnän hintajouaston aiheuttama muutos niiden käytössä välituotteena kaikilla toimialoilla.

Soran, hiekan ja kalliokiviaineksen otto oli Suomessa vuonna 2010 noin 84 miljoonaa tonnia (Valtiovarainministeriö, 2012). Mallin mukainen maa-ainesvero kasvattaa vuosittaisia tuoteverotuloja valtakunnallisesti 235 miljoonalla eurolla, ja kaikki verotyypit mukaan lukien verotulot kasvavat 179 miljoonalla eurolla. Vertailukohtana olleessa Iso-Britanniassa verotettavan maa-aineksen otto vuonna 2011 oli noin 146 miljoonaa tonnia (British Geological Survey, 2013) ja verotulot maa-ainesverosta noin 325 miljoonaa euroa vuodessa (OECD, 2018). Suomi on asukaslukuun suhteutettuna Euroopan suurimpia maa-ainesten käyttäjiä muun muassa laajojen haja-asutusalueiden infrastruktuurin vuoksi, ja Suomen maa-ainesten käyttö suhteessa asukaslukuun (5,5 miljoonaa) oli 15,3 tonnia asukasta kohden Iso-Britannian 5,2 tonniin asukasta kohden verrattuna (63,0 miljoonaa (asukasluvut Eurostat, 2018)). Voidaan kuitenkin sanoa, että mallin antama tulos on samaa suuruusluokkaa Iso-Britanniassa käytössä olevan maa-ainesverojen kanssa.

Taulukko 10. Muutokset valtakunnallisissa verokertymissä ohjauskeinojen seurauksena (muutos miljoonaa euroa ja prosenttia perustilaan verrattuna).

	Maa-ainesvero		Vedenottovero		Vedenkäyttövero	
	milj. €	%	milj. €	%	milj. €	%
Tuoteverot	235	2,91	268	3,33	125	1,55
Muut tuotantoverot	0	0,00	-2	-0,10	0	0,00
Kunnallisverot	4	0,00	15	0,01	1	0,00
Yhteisöverot	-6	-0,13	-9	-0,18	-3	-0,07
Kiinteistöverot	1	0,02	3	0,14	0	0,01
Arvonlisävero	-54	-0,18	-70	-0,24	-22	-0,08
Yhteensä	179	0,08	207	0,09	101	0,04

Vedenottovero tuottaisi mallin mukaan kansantalouden tasolla 268 miljoonan euron vuosittaisen lisän tuoteveroihin, josta 234 miljoonaa euroa olisi suoraa verotuloa vedenottoverosta. Tilastotietoa koko maan toimialojen talousveden kokonaiskäytöstä ei ollut saatavilla, mutta mallin laskentatavan mukaan talousvedenkäyttö on kokonaisuudessaan 349 miljoonaa kuutiota vettä vuodessa. Vertailumaassa Tanskassa vuoden 2015 veronalainen vedenotto noin 319 miljoonaa kuutiota ja vedenottoveron tulot noin 214 miljoonaa euroa (OECD, 2018). Suhteutettuna Tanskan asukaslukuun (5,7 miljoonaa, (Eurostat, 2018)) talousveden käyttö on 56 m³ asukasta kohden ja Suomessa 63 m³ asukasta kohden. Vedenottoveron vaikutukset ovat samassa suuruusluokassa Suomessa ja Tanskassa.

Valtakunnallisesti vedenkäyttöveron tuoteverotulot ovat mallinnuksen mukaan 125 miljoonaa euroa, josta 118 miljoonaa suoraa verotuloa vedenkäyttöverosta. Kahta eri veden resurssiveroa verratessa vedenottoveron aiheuttamat muutokset ovat vedenkäyttöveroa suuremmat veroasteiden (0,67 €/ m³ ja 0,34 €/ m³) eroavuuden vuoksi, mutta molempien tapauksessa vaikutukset jakautuvat samankaltaisesti eri verotyyppien kesken. Kaiken kaikkiaan tässä tarkastellut verot kasvattavat valtion verokertymää noin 100-200 miljoonalla eurolla, vaikka kasvu on alle prosentin kymmenyksen suuruusluokkaa.

Alv-kannan lasku valituilla toimialoilla laskee valtion arvonlisäverotuloja 3,6 prosentilla eli noin 1,1 miljardilla eurolla. Valtakunnallisia kerrannaisvaikutuksia muihin verotyypeihin ei kuitenkaan laskettu, sillä malliin syötettiin ainoastaan muutos esimerkkiyrityksen lopputuotteen kysynnässä. Mikäli alv-kannan muutoksen vaikutukset halutaan selvittää yksityiskohtaisemmin valtakunnan tasolla, tulisi olla tiedossa muutoksen vaikutus yrityksen lisäksi kaikkien kolmen kyseessä olevan toimialan lopputuotekysyntään. Malliin tehtyä vastaavan laajuista arvonlisäverokannan alennusta ei ole toteutettu tähän mennessä, joten vertailukohdan löytäminen on vaikeaa. Myöskään tietoa Portugalissa ja Iso-Britanniassa toteutettujen kokeilujen vaikutuksista ei ole juuri saatavilla (EK, 2016).

5.2.4 Materiaalivirrat ja ympäristövaikutukset

Uudet veroinstrumentit vaikuttavat taloudellisten suureiden ohella myös alueellisiin materiaalivirtoihin. Taulukko 11 kuvaa materiaalikäytön muutoksia eri toimialoilla kunkin aiemmin tarkastellun ohjauskeinon vaikutuksesta. Palvelutoimialat on rajattu materiaalitarkastelun ulkopuolelle, sillä niillä liikkuu hyvin vähän fyysisiä materiaalivirtoja.

Taulukko 11. Muutokset Lapin materiaalivirroissa ohjauskeinojen seurauksena.

	Maa- ainesvero	Vedenot- tovero	Veden- käyttö- vero	Alv- kannan lasku	Yk- sikkö
01 Maatalous ja metsästys	400	900	100	100	t
02-03 Metsätalous ja kalatalous	100	1 800	800	13 300	t
05-09 Kaivostoiminta ja louhinta	-3 038 400	800	100	1700	t
10-12 Elintarviketeollisuus	0	100	0	0	t
13-15 Tekstiili-, vaatetus- ja nah- kateollisuus	0	0	0	0	t
16 Puuteollisuus	100	100	0	100	t
17 Paperiteollisuus	0	200	0	1000	t
18 Painaminen	0	0	0	0	t
19-21 Kemianteollisuus (pl. kumi- ja muovituotteet)	900	1200	200	2 800	t
22 Kumi- ja muovituotteiden val- mistus	0	0	0	0	t
23 Rakennusaineteollisuus	1 500	200	0	0	t
24 Metallien jalostus	0	0	0	0	t
25 Metallituotteiden valmistus	100	200	100	100	t
26 Elektroniikkateollisuus	0	0	0	0	t
27 Sähkölaitteiden valmistus	0	0	0	0	t
28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	0	0	0	0	t
29-30 Kulkuneuvojen valmistus	0	0	0	0	t
31-32 Muu valmistus ml. huone- kalut	0	0	0	0	t
35 Energiahuolto	100	100	0	100	GWh
36-39 Veden otto, puhdistus ja ja- kelu; Jäte- ja jätevesihuolto	-	-2 382 000	-2 631 300	-	t

Kun oletetaan, että maa-ainesten ja veden kysyntä reagoi luvussa 6.1 määriteltyjen kysynnän hintajoustojen -0,3 ja -0,05 mukaisesti, maa-ainesveron vaikutuksesta materiaalikäyttö toimialoilta kaivostoiminta ja louhinta (05-09) vähenee mallin mukaan noin kolmella miljoonalla tonnilla. Molemmilla veden resurssiveroilla päädytään lähes samansuuruiseen muutokseen materiaalivirroissa: materiaalikäyttö toimialalta vedenotto, puhdistus ja jakelu, jäte- ja jätevesihuolto vähenee vedenottoveron myötä noin 2,4 miljoonaa tonnia ja vedenkäyttöveron myötä noin 2,6 miljoonaa tonnia.

Materiaalivirtojen mallinnuksen perusteella maa-ainesten ja vesivarojen käytön vähentämiseen tähtäävät ohjauskeinot vähentävät kyseisten luonnonvarojen kulutusta, mutta toisaalta huomataan, että materiaalikäyttö toisilta toimialoilta saattaa kasvaa. Esimerkiksi maa-ainesveron kohdalla materiaalikäyttö toimialalta kaivostoiminta ja louhinta laskee

huomattavasti, mutta materiaalikäyttö toimialalta rakennusaineteollisuus kasvaa, mikä voi pitää sisällään esimerkiksi sementtiä, betonia, kipsiä ja niistä valmistettuja tuotteita.

Alv-kannan laskun vaikutus materiaalivirtoihin poikkeaa hieman muista ohjauskeinoista, sillä ohjaus ei kohdistu tietyn luonnonvaran käyttöön. Esimerkkiyrityksen tuotannon kasvu alv-kannan laskun myötä näkyy materiaalikäytön kasvuna etenkin toimialoilta metsätalous ja kalatalous, sekä kemianteollisuus (Taulukko 11). Muutokset alueen materiaa-
livirroissa olisivat laajempia, jos kaikki lopputuotekysynnän muutokset toimialoilla metsätalous ja kalatalous (02-03), puuteollisuus (16) ja paperiteollisuus (17) huomioitaisiin mallissa.

Ohjauskeinojen vaikutuksia aluetalouden päästöihin tarkasteltiin suhteessa päästöihin mallin perustilassa (Kuvat 5-8). Päästömuutoksia tutkiessa huomattiin, että koska mallin perustilassa päästökertoimet on suhteutettu toimialojen rahamääräiseen kokonaistuotokseen, joka nousee jokaisen ohjauskeino kohdalla (Taulukot 5 ja 8), myös laskennalliset päästömäärät nousevat. Huomattiin, että rahamääräisiin resurssivirtoihin sidottu ympäristövaikutusten mallinnus toimii, kun tehdään muutoksia pelkästään lopputuotekysyntään, mutta ohjauskeinoja tutkittaessa koko tuotantorakenne muuttuu ja tulokset päästöistä vääristyvät. Ohjauskeinot aiheuttavat muutoksia toimialojen välisissä rahamääräisissä vuorovaikutussuhteissa, jolloin päästökertoimet tulisi määritellä uudelleen tai vaihtoehtoisesti sitoa päästökertoimet materiaalmääräisiin virtoihin. Kerrointen uudelleenmäärittelyä ei kuitenkaan tässä tutkielmassa tehty, sillä työ olisi kasvanut liian laajaksi, mutta se on huomioitu mallinnuksen virhetarkastelussa ja jatkotutkimuksen suunnittelussa.

5.3 Yrityksen sisäisten kiertotaloustoimien vaikutukset

Mallilla testattiin myös esimerkkiyrityksen tekemiä muutoksia energianlähteiden käytössä. Oletuksena on, että yritys pystyy ohjaamaan 50 % (56 000 t) tuotannon sivuvirtana syntyvästä biolietteestä hyötykäyttöön lannoiteteollisuudelle. Tämä määrä on aiemmin ohjattu polttoon, joten yrityksen tulee korvata lannoitekäyttöön ohjattu määrä biolietettä muilla energianlähteillä.

56 000 tonnia vähemmän biolietettä synnyttää 140 000 GJ suuruisen energiavajeen, joka tulee täyttää muilla energianlähteillä. Yritys käyttää biolietteen ohella energianlähteinään

jyrsinturvetta, kuorta, metsätähdehakea ja raskasta polttoöljyä. Kullekin energianlähteelle laskettiin niiden energiasisältöjen pohjalta materiaalin tarve ja korvaavan materiaalin aiheuttama kustannus yritykselle (Taulukko 12).

Taulukko 12. Biolietettä korvaavien energianlähteiden ominaisuudet ja kustannukset.

	Energiasisältö, GJ/t	Tarvittava määrä, t	Kustannus yritykselle, milj. €	Vaadittava biolietteen ulosmyyntihinta, €/t
Jyrsinturve	9,8	14 286	0,44	7,91
Kuori	7,5	18 667	0,00	0,00
Metsätähdehake	10,0	14 000	0,56	10,00
Raskas polttoöljy	42,1	3 325	1,55	27,72

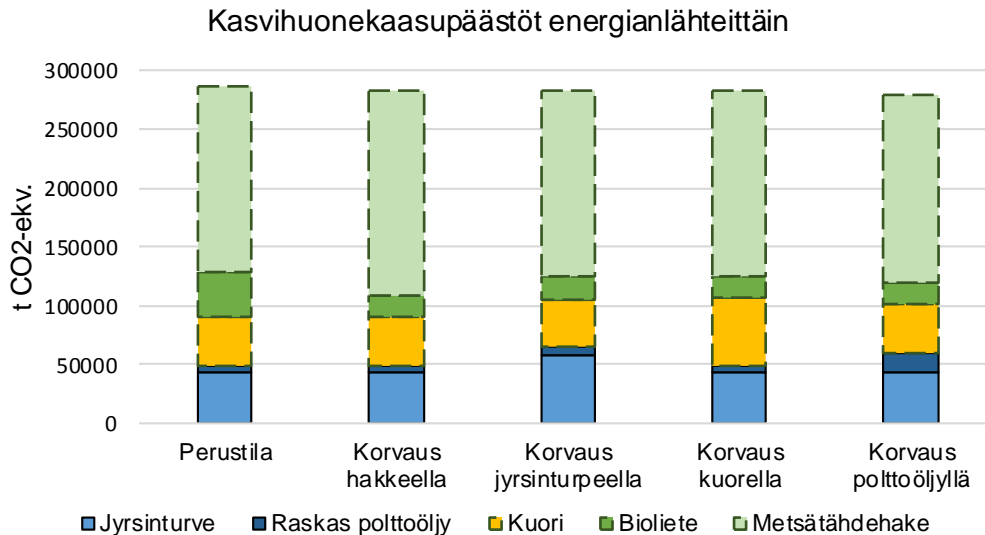
Taloudellisesta näkökulmasta yrityksen kannattaa ensisijaisesti korvata biolietettä muilla omista prosesseista saatavilla materiaaleilla, tässä tapauksessa puun kuorella. Energiantuotannossa käytettävä kuori tulee yrityksen omasta tuotantoprosessista, joten sen käyttö ei aiheuta varsinaista lisäkustannusta. Olettaen, että kaikki kuori tulee yrityksen omista prosesseista, sen määrä on rajallinen, ellei myös puun käyttöä lisätä. Mikäli kuoren osuuden lisäys ei ole mahdollista, yrityksen kannattaisikin kustannusnäkökulmasta käyttää biolietteen korvaajana jyrsinturvetta. Kiertotaloustavoitteiden mukaisesti kuitenkin tulisi suosia uusiutuvia energianlähteitä, joten siinä mielessä kiinnostavin vaihtoehto on metsätähdehake. Taulukosta 12 nähdään myös hinnat, joilla yrityksen tulee vähintään myydä biolietettä hyötykäyttöön, jotta korvaavan energianlähteen käyttö tulisi kannattavaksi.

Taulukko 13 vertailee taloudellisia vaikutuksia yritykselle, kun biolietettä korvataan joko metsätähdehakeella tai jyrsinturpeella. Taulukosta ilmenee, että metsähake tulee suuremmalta osin alueelta ja jyrsinturpe muualta Suomesta. Molemmissa tapauksissa sekä yrityksen välituotekäytön arvo että tuotos kasvavat, metsätähdehakeen kohdalla hiukan jyrsinturvetta enemmän, johtuen sen hieman korkeammasta käyttökustannuksesta.

Taulukko 13. Metsätähdehakeen ja jyrshinturpeen käytön lisäyksen taloudelliset vaikutukset yrityksessä (muutos euroa ja prosenttia perustilaan verrattuna).

	Metsätähdehake		Jyrshinturpe	
	€	%	€	%
Alueellisten tuotteiden käyttö	404 000	0,42	112 000	0,12
Kotimaisten tuontituotteiden käyttö	291 000	0,30	466 000	0,49
Välituotekäyttö	745 000	0,29	627 000	0,24
Palkansaajakorvaukset	25 000	0,07	25 000	0,07
Arvonlisäys	377 000	0,07	377 000	0,07
Tuotos perushintaan	1 121 000	0,14	1 004 000	0,13
Investoinnit	8 000	0,07	8 000	0,07

Polttoainemuutosten ympäristövaikutusten tarkasteluun valittiin vain kasvihuonekaasupäästöt niiden ollessa merkittävien yrityksen energiankäytön ympäristövaikutuksista. Rehevöittäviä päästöjä aiheutuu välillisesti biolietteen sijoittamisesta pellolle, mutta ne rajattiin tarkastelun ulkopuolelle. Kuva 9 osoittaa kunkin energianlähteen lisäyksen vaikutukset yrityksen kasvihuonekaasupäästöihin. Metsätähdehake, kuori ja bioliete ovat uusiutuvia energianlähteitä, joita pidetään laskennallisesti CO₂-päästöttöminä pitkällä aikavälillä olettaen, että uusi biomassa sitoo yhtä paljon hiiltä, kuin sen energiakäytöstä vapautuu (Antikainen ym., 2007). Jyrshinturvetta ei ole luokiteltu uusiutuvaksi energianlähteeksi ja Antikaisen ym. (2007) mukaan sen polton ilmastovaikutus on monikymmenkertainen puupolttoaineisiin verrattuna. Suoria kasvihuonekaasupäästöjä syntyy yrityksen energiankäytössä näin ollen vain jyrshinturpeen ja raskaan polttoöljyn käytön lisäyksestä. Kun uusiutuvien energianlähteiden päästöjä ei oteta huomioon, yrityksen suorat kokonaispäästöt nousevat jyrshinturpeen käyttöä lisätessä 30 prosentilla (noin 15 000 CO₂-ekv. t), polttoöljyn käyttöä lisätessä 21 prosentilla (noin 11 000 CO₂-ekv. t), kun taas metsätähdehakeen käyttöä lisätessä ne pysyvät ennallaan. Ympäristönäkökulmasta yrityksen kannattaisi valita biolietettä korvaavaksi energianlähteeksi metsätähdehake, sillä jyrshinturpeen käytön lisäys aiheuttaa jopa polttoöljyä suuremman lisäyksen suoriin kasvihuonekaasupäästöihin.



Kuva 9. Muutokset yrityksen kasvihuonekaasupäästöjen määrässä, kun biolietettä korvataan eri energianlähteillä (tonnia CO₂-ekv.). Katkoviivalla merkittyjä päästöjä ei huomioida CO₂-laskennoissa.

5.4 Muodostetun mallin rajoitukset

Yritystasolle laajennettu alueellinen resurssivirtamalli on toimiva työkalu aluetalouden ja yrityksen raha- ja materiaalivirtojen tarkasteluun ja se on soveltuva myös haluttujen ylhäältä tulevien ohjauskeinojen tai yrityksen itsensä tekemien muutosten tutkimiseen. Muodostettuun malliin liittyy kuitenkin muutamia rajoitteita muun muassa lähtöasetelman ja taustatietojen suhteen, mikä tulee ottaa huomioon mallinnuksen toteutuksessa.

Tutkimuksessa rakennettiin malli, jossa tutkitaan kokonaan uuden yrityksen tuloa alueelle, mikä on erilainen tarkastelunäkökulma kuin alueella jo toimivan yrityksen tutkiminen. Alueella jo toimivan yrityksen tarkastelua varten mallia on muotoiltava uudestaan, mikä vaatii aikaa, mutta on täysin toteutettavissa. Käytetty menetelmä on suurilta osin soveltuva molempien lähtöasetelmien tutkimiseen, mutta jo Greytak (1972) ja Morrison (1973) tunnistivat, että se on haastava muotoilla niin, että tulokset ovat täysin tarkkoja. Yrityksen rivin ja sarakkeen muodostamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota ja käyttää mahdollisimman tarkkoja lähtötietoja resurssivirroista, sillä kerroinmatriisiin syötetty rivi ja sarakke määrittävät yrityksen ja muiden toimialojen väliset vuorovaikutussuhteet läpi koko mallin.

Kaikissa mallinnuksen vaiheissa käytettiin tarkimpia saatavilla olevia lähtötietoja niiltä osin kuin oli mahdollista. Esimerkiksi yrityksen materiaalivirtojen muodostusta varten käytettiin teollisuustuotantotilastosta laskettuja yksikköhintoja, jotka ovat hyvä arvio hyödykkeiden perushinnoista, mutta materiaalivirtojen ollessa suurimmillaan satojen tuhansien tonniin suuruusluokkaa, pienikin perushinnan vaihtelu kasvattaa virhemarginaalia.

Vedenkäyttöveroä mallinnettaessa tarkkoja tilastoja toimialoitaisesta vedenkäytöstä ja sen jakautumisesta talousveteen ja raakaveteen ei ollut saatavilla. Siksi toimialojen vedenkäytöstä laskettiin arviot hyödyntäen niiden rahamääräistä välituotekäyttöä toimialalta veden otto, puhdistus ja jakelu (36) sekä veden yksikköhintaa. Myös maa-ainesveron mallinnus tarkalleen Iso-Britannian esimerkin mukaan vaatisi tarkempaa lähtöaineistöä, sillä Iso-Britanniassa kalliokiviaineksesta erotetut teollisuusmineraalit on vapautettu verosta (UK Government, 2017). Tämä erottelu vaatisi tarkempaa tietoa materiaalivirroista, joten mallinnetun maa-ainesveron vaikutukset voivat olla hieman yliarvioituja. Tulosten tarkkuustason parantamiseksi tulisi kaiken kaikkiaan saada tarkempaa tietoa erityisesti fyysisistä materiaalimääristä ja niiden alkuperästä sekä hyödykkeiden hinnoista.

Muodostettu malli ei täsmällisesti huomioi yrityksen sisäisen tuotantoprosessin dynamiikkaa, esimerkiksi panosten määrän tai hinnan muutoksen vaikutusta tuotoksen määrään ja arvoon. Malli ei automaattisesti huomioi myöskään yrityksen prosessien sisäisiä kiertoja, kuten tässä tarkastelussa tuotannosta syntyvän biolietteen käyttöä energianlähteenä. Mallin tässä muodossa panoskäytön muutoksia pystytään syöttämään siihen manuaalisesti. Prosessien adaptiivisuus on mahdollista ohjelmoida mukaan malliin, mutta prosessimuutosten sijaan tutkielman tutkimuskysymykset keskittyivät rakenteellisten muutosten analysointiin.

Taloudellisten ohjauskeinojen todenmukaisessa mallinnuksessa nousi myös esiin muutamia rajoitteita. Malli ei kuvaa maa-ainesveron toimivuutta täysin realistisesti, sillä todellisuudessa veron lopullinen maksaja olisi verovelvollisen sijaan maa-aineksen tilaaja. Kiviaineksista 70-80 prosenttia tulee käytettäväksi valtion ja kuntien infrastruktuuriin, mikä tarkoittaa, että valtio ja kunnat maksaisivat myös tuon osuuden verosta. Käytännössä vero kohdistuisi suurimmaksi osaksi julkisista varoista rahoitettuun rakentamiseen. (Valtiovarainministeriö, 2012) Julkisen sektorin kysynnän on esitetty olevan

joustamatonta hintojen suhteen, jolloin maa-ainesten hinnan muutokset eivät juuri lainkaan heijastuisi niiden kysyntään, vaan lopputulos olisi ainoastaan rakentamisen kustannusten nousu (Parikka, 2006). Toisaalta esimerkiksi Euroopan komissio on todennut, että julkisilla hankinnoilla on merkittäviä mahdollisuuksia edistää kiertotaloutta, esimerkiksi ohjaamalla luonnonvarojen käyttöä uusio- ja kierrätysmateriaalien suuntaan (European Commission, 2015).

Tuloksia arvioidessa on myös otettava huomioon, että Alankomaissa käytössä oleva vedenkäyttövero koskee tällä hetkellä vain kotitalouksia ja vain ensimmäistä 300 kuutiota vettä vuodessa. Kun sovelletaan vedenkäyttöveroa kaikille talouden toimialoille, voitaisiin samaan tapaan asettaa toimialakohtaiset rajat vedenkäytön verotukselle, sillä esimerkiksi maatalouden, valmistavan teollisuuden ja palvelujen vedenkäyttö poikkeaa suuresti toisistaan. Toinen vaihtoehto on soveltaa toimialakohtaisesti eri veroasteita oikeudenmukaisempaan lopputulemaan pääsemiseksi, mikä on mahdollista toteuttaa muodostetulla mallilla, mutta ei sopinut tämän tutkielman rajaukseen. Toimialajaottelu asettaa veden resurssiverojen tarkastelussa oman rajoituksensa, sillä jos toimialat 36-39 esitettäisiin erillisinä, olisi veden resurssiverojen vaikutus mahdollista havainnollistaa tarkemmin juuri toimialaan 36 veden otto, puhdistus ja jakelu.

Tämän tutkielman asetelmassa malli kuvasi ympäristövaikutuksia suhteessa toimialojen rahamääräiseen kokonaistuotokseen, jolloin ne ovat helpommin vertailtavissa keskenään. Tästä syystä ohjauskeinojen kytkennän huomattiin kuitenkin virheellisesti kasvattavan laskennallisia päästömääriä. Mallin jatkokehittämissä tuleekin tehdä päästöjen irtikyttä rahamääräisistä resurssivirroista ja liittää ne materiaalivirtoihin, jotta ohjauskeinojen toimintaperiaate toteutuu ja laskennalliset päästömäärät muuttuvat materiaalikäytön myötä.

Olennaista on myös tiedostaa, että muodostettu malli on poikkileikkaus tarkastellun ajanjakson tilanteesta, ja hyödykevirrat ja toimialojen tuotokset heilahtelevat talouden suhdanteiden mukaan. Taustalla oleva tuotantomalli on kiinteähintainen, jolloin malli ei huomioi esimerkiksi hintojen vaihtelua, pääoman ikärakennetta ja suhdannevaihteluja. Vaihtelusta syntyvää virhettä voidaan kuitenkin vähentää esimerkiksi tarkastelemalla toimialojen tuotannon keskiarvoja muutaman vuoden ajalta.

6 Johtopäätökset ja yhteenveto

Tässä tutkielmassa laajennettiin aiemmin luotua alueellista resurssivirtamallia kuvaamaan myös yritystasoa. Vaikka muodostettu malli oli aluetalouden ja osittain kansantaloudenkin laajuinen, tutkimusasettelun keskiössä oli ennen kaikkea yrityksen näkökulman integroiminen malliin. Tavoitteena oli mallin avulla saada selville määriteltyjen kiertotaloustoimenpiteiden vaikutuksia yrityksen talouteen, aluetalouteen ja materiaalikäyttöön. Tähän tavoitteeseen päästiin, ja tutkielmassa muodostetulla mallilla pystyttiin laskemaan valitusta näkökulmasta riippuen erilaisia talouden tilaa kuvaavia tunnuslukuja.

Yritystasolle laajennetun alueellisen resurssivirtamallin muodostus Lapin maakunnalle koostui seuraavista vaiheista: 1) Alueellisen euromääräisen panos-tuotostaulukon muodostus, 2) Alueen materiaalmääräisten tarjonta- ja käyttötaulukkojen muodostus 3) Ympäristölaajennettu alueellinen panos-tuotostaulukko 4) Yritystason lisäys ympäristölaajennettuun alueelliseen panos-tuotostaulukkoon 5) Laskentaosio haluttujen tunnuslukujen laskemiseksi.

Lisäämällä malliin tarkat numeeriset tiedot tarkasteltavan esimerkkiyrityksen käyttämistä panoksista muilta toimialoilta ja sen tuotosten jakautumisesta muille toimialoille, pystyttiin mallin avulla tutkimaan yrityksen toimintadynamiikkaa suhteessa muihin toimialoihin aluetaloudessa. Mallilla voitiin tutkia, kuinka uudet ylhäältä tulevat ohjauskeinot tai muutokset yrityksen panoskäytössä vaikuttavat yrityksen tuotannon suureisiin.

Numeerisessa mallinnuksessa käytettyjen vero-ohjauskeinojen vaikutus esimerkkiyrityksen toimintaan ei ollut prosentuaalisesti suuri. Veronalaisten luonnonvarojen kysynnän hintajoustojen ollessa alhaisia, ohjauskeinojen vaikutukset yritystasolla jäivät varsin pieniksi. Aluetalouden tasolla ohjauskeinojen vaikutukset rahamääräisiin resurssivirtoihin sekä verokertymiin olivat voimakkaampia, mutta suuruusluokaltaan pääosin alle prosentin luokkaa. Kaiken kaikkiaan suurin vaikutus sekä yrityksen että alueen talouteen oli alv-kannan laskulla, jonka vaikutuksesta rahamääräiset resurssivirrat ja toimialojen materiaalikäyttö kasvoivat, ja alueellinen verokertymä pieneni. Alv-kannan laskun vaikutuksen havaittiin olevan suurin myös valtion verokertymiä tarkastellessa, vaikka kattavamman valtakunnallisen vaikutuksen mallinnus vaatisi yksityiskohtaisempia lähtötietoja kysyntöjen hintajoustoista. Materiaalivirtamallinnuksen perusteella voitiin todeta, että tietyn

luonnonvaran kulutuksen vähentämiseen tähtäävät ohjauskeinot vaikuttavat laajasti muidenkin materiaalien käyttöön alueella, eikä vaikutus materiaalivirtoihin ole aina yksioikoisesti vähenevä.

Muodostettu malli soveltui myös yrityksen sisäisten kiertotalousaloitteiden, kuten panosmuutosten vaikutusten tutkimiseen. Tutkielmassa pystyttiin mallin avulla perustelemaan esimerkkiyrityksen vaihtoehtoisten energianlähteiden valintaa sekä taloudellisesta että ympäristönäkökulmasta. Ylhäältä tulevien ohjauskeinojen ja yrityksen sisäisten aloitteiden ero on avainasemassa siinä, muuttuuko yritys ulkoisen pakon edessä vai ymmärtääkö se itse kiertotalouden tarjoaman mahdollisen edun. Muutoksen lähtiessä yrityksen sisältä voidaan tunnistaa ja valita vaihtoehtoja, jotka ovat sekä kustannustehokkaita että kiertotaloustavoitteiden mukaisia.

Tutkielmassa huomattiin ympäristövaikutusten mallinnuksen yhteydessä, että niiden tarkastelu pelkästään taloudellisten suureiden kautta johtaa virheellisiin tuloksiin, sillä rahamääräisten resurssivirtojen kasvu vero-ohjauksen seurauksena ei tarkoita, että myös tuotantotoiminta kasvaisi. Tutkielman tavoitteena oli ennen kaikkea luoda teoreettinen malli, jonka soveltuvuutta laskentaan arvioidaan numeerisen testauksen kautta. Ympäristövaikutusten näkökulman sijaan ensisijainen tavoite oli keskittyä tutkimaan muutoksia taloudellisissa ja materiaalmääräisissä suureissa. Mallin jatkokehittelyssä päästöjen muutos tulee kiinnittää rahamääräisten virtojen sijaan materiaalivirtoihin, jotta mallin avulla voitaisiin kriittisesti arvioida mahdollisia materiaalikäytön tehostamisen ja päästöjen vähentämisen kohteita.

Taloudellisten ohjauskeinojen, kuten resurssiverotuksen avulla voidaan sisällyttää luonnonvarojen käytöstä koituvaa ympäristöhaittaa niiden kustannuksiin. Esimerkiksi veden alhainen hinta ei tällä hetkellä kannusta teollisuuden aloja vettä säästävien ratkaisujen kehittämiseen ja käyttöönottoon. Sekä vedenotto- että vedenkäyttövero, joita tutkielmassa käsiteltiin, synnyttävät kannustimen tehostaa vesivarojen käyttöä ja kehittää vettä säästäviä ratkaisuja. Vedenottovero asettaa kannustimen vesilaitoksille ja sitä kautta myös kuluttajille tehostamaan vedenkäyttöä ja vähentämään hävikkiä. Käytön mukaan määrittyvä vedenkäyttövero taas kannustaa loppukäyttäjää veden säästäväisempään käyttöön.

Maa-ainesveron toimintaperiaate on sama, mutta jotta maa-ainesvero toimisi halutulla tavalla, sen tulee vaikuttaa luonnonvarojen suhteellisiin hintoihin: jos halutaan lisätä kalliokiviaineksen käyttöä hiekan ja soran sijasta, tulee vain jälkimmäisten olla verollisia, tai niiden verotason tulee olla korkeampi. Mikäli veron ohjausvaikutus toimisi, maa-ainesten kierrätys ja uusiomateriaalien käyttö lisääntyisi ainakin alueellisesti. Tästä saatavia hyötyjä olisivat soran ja muiden luonnonvarojen säästyminen sekä materiaalien säilyminen kierrossa pidempään. Haasteena tällaisissa resurssiveroissa ovat kuitenkin uusiomateriaalien saatavuuden alueelliset erot. Aina onkin arvioitava, onko primäärimateriaalien korvaaminen taloudellisesti ja ekologisesti järkevää.

Mallinnuksessa testattujen vero-ohjauskeinojen varsinainen käyttöönotto vaatisi poliittista tahtoa ja hallinnollisia uudistuksia. Tämän tutkielman tarkoituksena ei kuitenkaan ollut laatia politiikkaehdotuksia, vaan kehittää malli niiden arvioimiseksi ja havainnollistaa käytetyn mallinnustavan mahdollisuuksia ja ohjauskeinojen vaikutuksia yksittäisen yrityksen ja alueen talouteen.

Päästötarkastelun jatkokehittelyn lisäksi on useita muita aiheita jatkotutkimuksille, joissa yritystason resurssivirtamallia voidaan jalostaa eteenpäin ja soveltaa eri tarkoituksiin. Esimerkiksi kun tarkastellaan tämän tutkielman tapaan alueelle uutena tulevaa yritystä, mallilla voidaan tutkia sen koko elinkaaren (rakentamisen, käytön ja käytöstä poistumisen) aikaisia vaikutuksia aluetalouteen ja ympäristöön. Mallia voidaan myös soveltaa tutkimalla muita kiertotalouden näkökulmia, jotka jäivät tämän tutkielman rajauksen ulkopuolelle. Kun mallin avulla tarkastellaan yritystä, jonka tavoitteena on omaksua kiertotalouden toimintatapoja, on jo alun pitäen hyödyllistä hahmotella, missä nykyisen toimintamallin osa-alueilla arvonmenetys ja materiaali- tai energiahävikki on suurinta, mikä on käyttämättömien sivuvirtojen arvo, ja onko tuotannon kiertoja mahdollista tiivistää. Sen jälkeen voidaan määritellä toimenpiteet, joilla ohjata toimintamallia kiertotalouden suuntaan, esimerkiksi miten tuotteen suunnittelu, valmistus, uudelleenkäyttötavat, palvelullistaminen tai leasing-ratkaisujen käyttöönotto vaikuttavat yhdessä tai erikseen yrityksen toimintaan.

Taloudellisia ohjauskeinoja voidaan myös tutkia edelleen, esimerkiksi etsimällä optimaalisia veroasteita siten, että veron käyttöönotto aikaansaisi haluttuja muutoksia luonnonvarojen käytössä kuitenkin liikaa vaarantamatta taloudellista toimintaa ja eri toimialojen

kilpailukykyä. Lisäksi voidaan laajentaa verovaikutusten tutkimusta ja tutkia mahdollisuuksia toteuttaa verot budjettineutraalisti keventämällä verotusta toisaalla, esimerkiksi työn verotusta. Verouudistuksissa keskeistä on myös tulonjaon oikeudenmukaisuuden ja kotimaisen tuotannon kilpailukyvyn huomiointi.

Kiertotalous on pysynyt ajankohtaisena yhteiskunnallisessa keskustelussa jo pitkään ja tulevaisuudessa kiertotaloutta tullaan todennäköisesti edistämään taloudellisilla ohjauskeinoilla, jolloin tarvitaan työkaluja, joilla analysoida muutoksia. Käytettävien mittarien valinnassa on kuitenkin tasapainoiltava riittävän laajuuden, tarkkuuden ja niiden vaatiman työmäärän ja kustannusten välillä. Yritystasolle laajennettu alueellinen resurssivirtamalli antaa aluetaloutta kuvaavien tulosten lisäksi yritykselle arvokasta tietoa liiketoiminnan kehittämisen ja päätöksenteon tueksi. Yritystasolle laajennetun alueellisen resurssivirtamallin voi rakentaa minkä tahansa alueen tai maakunnan kattavaksi ja testata millä tahansa yrityksellä. Mitä tarkemmin kyseisen yrityksen käyttämät panokset ja tuottamat tuotokset tiedetään, sitä todenmukaisempia tuloksia sillä on mahdollista saada.

Lähteet

- Albino, V., Dietzenbacher, E., & Kühtz, S. (2003). Analysing materials and energy flows in an industrial district using an enterprise input-output model. *Economic Systems Research*, 15(4), 457–480.
- Albino, V., Htz, S. K., & Petruzzelli, A. M. (2008). Analysing Logistics Flows in Industrial Clusters Using an Enterprise Input-Output Model. *Interdisciplinary Information Sciences*, 14(1), 25–41.
- Albino, V., Izzo, C., & Uhtz, S. K. (2002). Input–output models for the analysis of a local/global supply chain. *Int. J. Production Economics*, 78, 119–131.
- Albino, V., & Kühtz, S. (2004). Enterprise input–output model for local sustainable development—the case of a tiles manufacturer in Italy. *Resources, Conservation and Recycling*, 41, 165–176.
- Andersen, M. S. (2006). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2, 133–140.
- Antikainen, R., Tenhunen, J., Ilomäki, M., Mickwitz, P., Punttila, P., Puustinen, M., Seppälä, J., & Kauppi, L. (2007). Bioenergian uudet haasteet Suomessa ja niiden ympäristönäkökohdat. Nykytilakatsaus. *Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 11/2007*. Helsinki.
- Antikainen, M., & Valkokari, K. (2016). A Framework for Sustainable Circular Business Model Innovation. *Technology Innovation Management Review*, 6(7).
- Arponen, J., Granskog, A., Pantsar-Kallio, M., Stuchtey, M., Törmänen, A., & Vanthournout, H. (2014). Kiertotalouden mahdollisuudet Suomelle. *Sitran Selvityksiä 84*.
- Böhringer, C., & Rutherford, T. F. (2015). The Circular Economy – An Economic Impact Assessment. *Report to SUN-IZA*.
- British Geological Survey. (2013). Construction Aggregates, 1–31. Haettu 5.9.2018 <https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=1355>
- ECOTEC. (2001). Study on Environmental Taxes and Charges in the EU. Bryssel. Haettu 3.9.2018 http://ec.europa.eu/environment/enveco/taxation/pdf/ch6water_abstraction.pdf
- Elinkeinoelämän keskusliitto (EK), (2016). Selvitys taloudellisten ohjauskeinojen mahdollisuuksista ja edellytyksistä kiertotalouden edistämisessä. Elinkeinoelämän keskusliitto.
- MacArthur, E. (2013). Towards the Circular Economy vol. 1, 96. *Ellen MacArthur Foundation*. Cowes, UK.
- MacArthur, E. (2015). An Approach to Measuring Circularity - Methodology. *Ellen MacArthur Foundation*. Cowes, UK. Haettu 9.3.2018 https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/insight/Circularity-Indicators_Methodology_May2015.pdf
- European Commission. (2014). Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe. COM(2014) Bryssel. Haettu 6.3.2018 http://www.eukn.eu/fileadmin/Files/News/2014/towards_a_circular_economy.pdf

- European Commission. (2015). Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy. COM(2015) Bryssel. Haettu 27.8.2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
- Eurostat. (2018). Population change - Demographic balance and crude rates at national level. Haettu 5.9.2018 <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
- Finnish Industrial Symbiosis System, (FISS). (2018). Teolliset symbioosit -toimintamalli Suomessa. Haettu 12.3.2018 <http://www.teollisetsymbioosit.fi/>
- Flegg, A. T., & Tohmo, T. (2013). Regional Input-Output Tables and the FLQ Formula: A Case Study of Finland. *Regional Studies*, 47(5), 829.
- Flegg, A. T., & Tohmo, T. (2016). Estimating Regional Input Coefficients and Multipliers: The Use of FLQ is Not a Gamble. *Regional Studies*, 50, 310–325.
- Flegg, A. T., Webber, C. D., & Elliott, M. V. (1995). On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables. *Regional Studies*, 29, 547–561.
- Forssell, O. (1985). Panos-tuotomallit. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos. Sarja B 46. Helsinki.
- Greytak, D. (1972). The Firm in Regional Input-Output Analysis. *Regional Studies*, 6(3), 327–329.
- Hanley, N., Shogren, J. F., & White, B. (2002). *Environmental economics in theory and practice*. Palgrave Macmillan.
- Hewings, G. J. D., & Jensen, R. C. (1986). Regional, interregional and multiregional input-output analysis. In P. Nijkamp (Ed.), *Handbook of Regional and Urban Economics* (p. 728). Elsevier.
- Hokkanen, J., Savikko, H., Känkänen, R., Sirkiä, A., Virtanen, Y., Katajajuuri, J.-M., & Sinkko, T. (2017). A Regional Resource Flow Model for promoting a circular economy at the regional level. In C. Ludwig & C. Matasci (Eds.), *Boosting Resource Productivity by Adopting the Circular Economy* (pp. 205–209). World Resource Forum.
- Isojärvi, A. (2013). Kollajan tekojärven ja voimalaitoksen rakentamisen aikaiset aluetaloudelliset vaikutukset. Taloustieteiden tiedekunta, Oulun yliopisto.
- Kansantaloudellinen Aikakauskirja (KAK), (2001). Suomen Mr. panos-tuotos – emeritusprofessori Osmo Forssellin haastattelu. *Kansantaloudellinen Aikakauskirja*, 97(2), 189–194. Haettu 4.4.2018 <http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/images/stories/kak/kak22001/kak22001okko.pdf>
- Kitzes, J. (2013). An Introduction to Environmentally-Extended Input-Output Analysis. *Resources*, 2(4), 489–503.
- Knuuttila, M. (2004). Elintarvikesektorin työllisyysvaikutukset – Panos-tuotosanalyysi maakunnittain. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
- Kowalewski, J. (2012). Regionalization of national input-output tables: empirical evidence on the

- use of the FLQ formula. *HWI Research Paper, No. 126*, 21.
- Kuokkanen, M., Kuokkanen, T., Tuomisto, J., & Virtanen, E. (2015). Kuitulietteellä maanparannusvaikutus perunanviljelyssä. *Tuottava peruna*, 42(2), 18-19.
- Lehtonen, O., & Tykkyläinen, M. (2014). Estimating Regional Input Coefficients and Multipliers: Is the Choice of a Non-Survey Technique a Gamble? *Regional Studies*, 48(2), 382–399.
- Lenzen, M., & Lundie, S. (2012). Constructing enterprise input-output tables -a case study of New Zealand dairy products. *Journal of Economic Structures*, 1.
- Lin, X., & Polenske, K. R. (1998). Input—output modeling of production processes for business management. *Structural Change and Economic Dynamics*, 9(2), 205–226.
- Linder, M., Sarasini, S., & van Loon, P. (2017). A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. *Journal of Industrial Ecology*. 21.3 (2017): 545-558.
- Linder, M., & Williander, M. (2017). Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. *Business Strategy and the Environment*. 26.2 (2017): 182-196.
- Lukka, K. (2014). Konstruktiivinen tutkimusote. Haettu 29.3.2018 <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>
- Luoma, P., Larvus, L., Hjelt, M., Päällysaho, M., & Aho, M. (2015). Miten kiertotalouden kehitystä mitataan? Gaia Consulting oy.
- Mankiw, N. G., & Taylor, M. P. (2011). *Economics (Second Edition)*. Andover: South-Western Cengage Learning.
- Material Economics. (2018). The Circular Economy, a Powerful Force for Climate Mitigation. Stockholm. Haettu 5.6.2018 <https://media.sitra.fi/2018/05/04145239/material-economics-circular-economy.pdf>
- Merli, R., Preziosi, M., & Acampora, A. (2018). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178, 703–722.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input–Output Analysis*. Cambridge University Press.
- Morrison, W. I. (1973). Input-Output and the Firm: Some Comments. *Regional Studies*, 7, 253–256.
- Motiva. (2012). Materiaalitehokkuushankkeiden seurannan ja vaikutusarvioinnin kehittäminen. Esiselvitys 10/2012. Motiva. Haettu 12.3.2018 https://www.motiva.fi/files/6591/Materiaalitehokkuushankkeiden_seurannan_ja_vaikutusarvioinnin_kehittaminen_Esiselvitys.pdf
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*. 140.3 (2017): 369-380.
- OECD. (2018). Environmentally Related Taxes, Fees and Charges. Haettu 5.9.2018 https://pinedatabase.oecd.org/QueryResult_3.aspx?Key=f0f9d801-5bbd-4d1f-b477-b7965fb50286&QryCtx=2&QryFlag=1
- Ojasalo, K., Moilanen, T., & Ritalahti, J. (2014). Kehittämistyön menetelmät – Uudenlaista

- osaamista liiketoimintaan (3. painos). Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Parikka, K. (2006). Maa-ainesvero. Ruotsin, Tanskan ja Iso-Britannian kokemuksia. *Suomen Ympäristö 4/2006*. Helsinki.
- Pursula, T., & ym. (2015). Yhdyskunta- ja pakkausjätteen kierrätyksen tavoitteet ja niiden vaikutusten mallintaminen. Gaia Consulting Oy & Suomen Ympäristökeskus.
- Rasi, S., Toppinen, A., & Hänninen, R. (1999). Ekonometrinen malli Britannian ja Saksan paperin kulutukselle. *Metsätieteen Aikakauskirja*, (2/1999), 181–190.
- Robison, M. H. (2009). Input-Output Guidebook A practical guide for regional economic impact analysis. Economic Modeling Specialists Inc. Haettu 5.4.2018 www.economicmodeling.com
- Salmenperä, H., Sahimaa, O., Kautto, P., Vahvelainen, S., Wahlström, M., Bachér, J., Dahlbo, H., Espo, J., Haavisto, T. & Laine-Ylijoki, J. (2016). Kohdennetut keinot kierrätyksen kasvuun. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoimikunnan julkaisusarja 53/2016*.
- Salminen, J., Tikkanen, S., & Koskiahho, J. (2016). Kohti vesiviisasta kiertotaloutta. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16/2017*. Helsinki.
- Savikko, H. (2014). Alueelliset resurssivirrat jyvaskylän seudulla. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Savikko, H., Hokkanen, J., Virtanen, Y., Silvenius, F., & Joutsjoki, V. (2018). Pohjois-Pohjanmaan alueelliset resurssivirrat. Ramboll Finland Oy & Luonnonvarakeskus.
- Seppälä, J., Mäenpää, I., Koskela, S., Mattila, T., Nissinen, A., Katajajuuri, J.-M., Härmä, T., Korhonen, M.-R., Saarinen, M. & Virtanen, Y. (2009). Suomen kansantalouden materiaaliavirtojen ympäristö-vaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. *Suomen Ympäristö 20/2009*.
- Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J., Valve, H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T., Mäenpää, I., Salmenperä, H., Alhola, K., Kauppila, J. & Salminen, J. (2016). Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoimikunnan julkaisusarja 25/2016*.
- Sitra. (2016). Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. *Sitran selvityksiä 117*.
- Sitra. (2017). Kiertotalouden kiinnostavimmat. Haettu 5.3.2018 <https://www.sitra.fi/hankkeet/kiertotalouden-kiinnostavimmat/>
- Suomen Virallinen Tilasto (SVT). (2014). Panos-tuotos. [verkkojulkaisu] Helsinki: Tilastokeskus. Haettu 16.3.2018 http://www.stat.fi/til/pt/2014/pt_2014_2017-02-09_tie_001_fi.html
- Suomen virallinen tilasto (SVT). (2015). Kasvihuonekaasut [verkkojulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. Haettu 24.9.2018. http://www.stat.fi/til/khki/2015/khki_2015_2017-04-06_tie_001_fi.html
- Suomen Virallinen Tilasto (SVT). (2017a). Aluetilinpito. [verkkojulkaisu] Helsinki: Tilastokeskus. Haettu 16.4.2018 http://www.stat.fi/til/alt/2015/alt_2015_2016-12-09_tie_001_fi.html

- Suomen Virallinen Tilasto (SVT). (2017b). Tuonnin käyttötaulukko perushintaan 2010-2014. [verkkójulkaisu] Helsinki: Tilastokeskus. Haettu 15.3.2018 <http://tilastokeskus.fi/til/pt/index.html>
- Ten Raa, T. (2010). Input-Output Economics: Theory and Applications. Cambridge University Press.
- Tiebout, C. M. (1967). Input-Output and The Firm: A Technique for Using National and Regional Tables. *The Review of Economics and Statistics*, 49(2), 260.
- Tikkanen, S., Antikainen, R., Kautto, P., & Salmenperä, H. (2018). Katsaus kiertotalouden mahdollisiin taloudellisiin ohjauskeinoihin. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoimikunnan julkaisusarja 4/2018*.
- Tulli. (2015). ULJAS - Tavaroiden ulkomaankauppatilastot. Haettu 14.6.2018 <https://tulli.fi/tilastot/uljas-tietokanta>
- Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM). (2013). Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella - Työryhmän esitys Kansalliseksi materiaalitehokkuusohjelmaksi. *Työ- ja Elinkeinoministeriön Julkaisuja*. Konserni 33/2013.
- Törmä, H., Kujala, S., & Kinnunen, J. (2015). The employment and population impacts of the boom and bust of Talvivaara mine in the context of severe environmental accidents – A CGE evaluation. *Resources Policy*, 46, 127–138.
- UK Government. (2017). Excise Notice AGL1: Aggregates Levy. Haettu 5.9.2018 <https://www.gov.uk/government/publications/excise-notice-agl1-aggregates-levy/excise-notice-agl1-aggregates-levy#what-materials-are-exempt-from-the-levy>
- Valtiovarainministeriö. (2012). Maa-ainesvero - Selvitys maa-ainesveron käyttöönoton mahdollisuuksista ja tarkoituksenmukaisuudesta.
- Vesilaitosyhdistys. (2016). Välttämätön vesi. Helsinki. Haettu 25.7.2018 https://www.vvy.fi/site/assets/files/1088/valttamaton_vesi_vvy_2016_netti.pdf
- Virtanen, A. (2010). Konstruktiivinen lähestyminen kestävää kehitystä ja vastuullisia toimintakäytänteitä edistävän korkeakoulutuksen kehittämisessä. *Kever-Osaaja*, 1(1).

Liitteet

Liite 1. TOL:2008 toimialaluokitus

Liite 2. Lapin maakunnan ympäristölaajennettu panos-tuotostaulukko ja yritystaso

TOL:2008 -toimialaluokitus

01	Maatalous ja metsästys
02-03	Metsätalous ja kalatalous
05-09	Kaivostoiminta ja louhinta
10-12	Elintarviketeollisuus ym0
13-15	Tekstiili-, vaatetus- ja nahkateollisuus
16	Puuteollisuus
17	Paperiteollisuus
18	Painaminen
19-21	Kemianteollisuus (pl. kumi- ja muovituotteet)
22	Kumi- ja muovituotteiden valmistus
23	Rakennusaineteollisuus
24	Metallien jalostus
25	Metallituotteiden valmistus
26	Elektroniikkateollisuus
27	Sähkölaitteiden valmistus
28	Muiden koneiden ja laitteiden valmistus
29-30	Kulkuneuvojen valmistus
31-32	Muu valmistus ml. huonekalut
33	Koneiden ja laitteiden korjaus, huolto ja asennus
35	Energiahuolto
36-39	Veden otto, puhdistus ja jakelu; Jäte- ja jätevesihuolto
41-43	Rakentaminen
45	Autojen ym. kauppa, korjaus ja huolto
46	Tukkukauppa (pl. autot ym.)
47	Vähittäiskauppa (pl. autot ym.)
49	Maaliikenne
50	Vesiliikenne
51	Ilmaliikenne
52-53	Varastointi ja liikennettä palveleva toiminta; Posti- ja kuriiritoiminta
55-56	Majoitus- ja ravitsemistoiminta
58	Kustannustoiminta
59-60	Audiovisuaalinen toiminta
61	Televiestintä
62-63	Tietojenkäsittelypalvelu
64	Rahoitustoiminta
65-66	Vakuutustoiminta ym.; Rahoitusta ja vakuutusta palveleva toiminta
68	Kiinteistöalan toiminta
68A	Asuntojen ja asuinkiinteistöjen hallinta
69-70	Liikkeenjohdon palvelut
71	Tekniset palvelut
72	Tieteellinen tutkimus ja kehittäminen
73	Mainostoiminta ja markkinatutkimus
74-75	Muut liike-elämän palvelut ja eläinlääkintä
77	Vuokraus- ja leasingtoiminta
78	Työllistämistoiminta
79	Matkatoimistot
80-82	Muut tukipalvelut
84	Julkinen hallinto ja sosiaalivakuutus
85	Koulutus
86	Terveyspalvelut
87-88	Sosiaalipalvelut
90-92	Kulttuuritoiminta ja rahapelit
93	Urheilu-, hui- ja virkistyspalvelut
94	Järjestöjen toiminta
95	Kotitaloustavaroiden korjaus
96	Muut henkilökohtaiset palvelut
97-98	Kotitalouspalvelut

Lapin maakunnan ympäristölaajennettu panos-tuotostaukko, tuhatta euroa

	01	02-03	05-09	10-12	13-15	16	17	18	19-21	22	23	24	25	26	27	28	29-30	31-32	33	35	36-39	41-43	45	46	47	49	50	51	52-53	55-56	58	59-60			
Yhteys	0	163	126	65	532	567	68626	410	45	61	169	893	87	1	5	71	301	110	116	514	215	1514	181	90	598	85	0	2	196	466	223	57			
01	0	14072	937	0	16066	16	51	26	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	93	0	1	37	0	0	1	1470	1	0				
02-03	0	7888	152	44193	3	230	0	39025	61174	0	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	954	2	0		
05-09	0	127	27	175	75450	24	2	81	4849	1	227	7	2495	96453	41	0	0	3	49	33	15	10517	32	6902	17	11	112	18	0	0	28	97	4	1	
10-12	0	2777	57	16	3241	24	12	72	1031	9	262	13	28	13	46	151	28	3	70	64	14	27	482	71	185	205	53	1	11	331	7497	152	13		
13-15	0	5	6	2	3	720	22	92	2	4	53	145	26	131	28	19	0	1	17	48	196	48	38	299	528	9	115	388	4	0	0	29	67	24	9
16	0	50	14	181	74	8	8868	10279	2	16	8	130	473	100	1	1	29	193	787	19	4945	40	32121	34	153	368	60	0	2	120	73	38	3		
18	0	14550	222	172	889	723	76	666	93355	558	62	84	129	1215	118	1	6	96	150	157	6949	293	2059	247	122	814	116	0	2	267	634	303	78		
19-21	0	2466	349	146	330	81	5	74	2579	19	296	356	130	519	69	6	8	48	18	7	6	1	6	22	8	628	725	10	0	40	18	1673	126		
22	0	2	2	15	267	4	55	340	29	209	174	88	23	49	1	11	129	217	70	12	19	8	1691	9	89	116	270	0	0	42	16	5	1		
23	0	44	6	908	40	10	336	678	27	100	63	2322	1001	738	3	5	60	439	44	23	288	40	19147	731	47	97	48	0	1	66	50	66	9		
24	0	34	44	3124	106	31	296	2603	13	77	9	1083	30047	7383	7	87	1220	11567	1009	1036	148	1403	390	242	1693	182	0	5	307	907	194	18			
25	0	151	6	21	202	7	259	327	5	27	136	809	9	27	136	809	9	4315	751	16	88	4194	3088	378	1079	438	133	10855	28	59	124	174	0	1	
26	0	1	1	1	1	3	0	3	13	1	4	1	4	1	2	9	4	10	5	10	7	1	10	5	1	10	5	1	10	5	1	10	5	1	
27	0	1	1	1	1	4	1	5	16	1	5	10	3	11	7	6	4	38	14	1	35	7	9	224	2	9	8	1	0	1	3	5	4	1	
28	0	50	13	199	168	14	116	1981	19	118	54	106	600	254	17	26	740	803	55	310	507	411	1690	59	242	231	192	0	1	5	213	159	149	23	
29-30	0	3	3	3	3	12	12	14	89	1	6	17	19	447	256	1	716	8265	8	851	36	12	166	21	28	101	84	1	3	44	43	27	3		
31-32	0	12	6	27	128	94	114	2	5	4	21	60	53	1	1	14	276	2048	13	30	125	3771	49	77	131	10	0	0	50	258	22	6			
33	0	1424	21	1541	733	87	494	22922	39	157	95	875	4474	735	6	9	355	1121	285	5386	6751	6848	3221	53	433	203	3367	0	85	1529	1422	112	7		
35	0	46236	2038	512	3014	1013	329	3514	40299	14	509	354	1839	15158	1230	7	12	307	2532	400	1103	12786	2606	3281	1714	727	12683	2195	1	24	3968	7255	364	80	
36-39	0	8863	10	7	485	90	50	602	6456	17	53	82	254	11821	277	3	5	288	305	113	446	493	13229	2079	827	540	2880	131	0	1	110	3885	368	31	
41-43	0	4185	14	178	335	32	512	1608	68	279	61	310	1706	193	3	5	17	371	271	83	6344	489	68132	661	610	2491	3226	0	1	6880	717	43	16		
45	0	2324	626	78	22	4	129	101	3	5	23	115	57	77	1	1	226	1777	22	43	137	276	1008	7013	273	1076	24862	0	2	1377	291	33	6		
46	0	804	369	286	1048	263	1988	5609	223	942	256	410	3839	299	13	85	1434	1590	300	585	1490	3800	585	880	773	7304	504	2198	324	2	32	494	2171	869	122
47	0	549	560	390	155	62	240	470	24	37	46	303	441	198	4	15	456	512	136	143	341	372	7126	737	384	2510	4821	0	8	1342	1012	316	97		
49	0	5272	116	401	2937	2179	212	4831	60497	136	677	304	2074	4821	937	17	17	619	1201	589	94	355	354	8203	1023	2265	3960	17266	0	3	14725	1092	1961	89	
50	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
51	0	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
52-53	3747	114	87	2298	2044	233	3872	42991	163	680	351	2102	4212	1399	25	27	1050	1399	559	471	765	3031	545	2418	3869	1972	1312	5	245	28887	458	2066	141		
55-56	18	90	207	478	29	8	90	249	5	9	36	100	49	1	1	29	65	28	55	119	85	1069	1348	684	1772	2177	1	52	1179	3566	365	172	58		
58	0	3	5	67	778	51	96	495	11	107	73	206	141	133	34	10	107	147	108	46	112	114	73	628	567	1070	79	1	11	156	1016	125	82		
59-60	11	3	2	14	226	15	27	132	13	30	20	41	28	28	11	3	27	22	29	5	30	5	27	176	142	292	18	0	3	18	505	35	128		
61	16	23	28	57	129	11	78	185	17	47	33	29	321	115	3	5	219	97	32	101	465	32	226	146	208	225	178	0	5	115	477	990	150		
62-63	66	4	11	16	273	11	41	762	11	120	44	79	73	31	53	19	370	85	38	64	339	46	217	232	712	663	120	1	32	377	367	790	151		
64	537	326	307	239	330	38	278	1401	33	91	108	219	1086	379	6	11	449	280	103	301	1772	220	871	229	423	1633	321	1	9	319	637	260	59		
65-66	139	85	33	95	116	26	107	364	16	103	59	91	660	167	5	9	148	166	61	156	156	28	127	134	192	146	111	14	22	55	125	58			
68	1067	19	143	159	490	81	164	695	98	44	85	343	248	870	3	10	212	802	388	642	568	630	1762	2279	2435	1388	1	84	3679	9081	448	23			
68A	37	0	5	5	10	3	5	24	2	1	2	8	9	18	0	0	4	21	14	22	19	23	59	82	53	619	44	0	2	113	946	1017	166		
69-70	2400	56	107	328	609	92	397	1563	66	199	161	396	2455	780	26	22	830	636	246	553	1330	154	1584	686	927	1794	417	1	25	661	946	1017	166		
71	158	14	3	603	51	6	399	108	2	58	8	134	87	488	6	5	396	2533	25	172	991	374	30895	343	437	572	1552	0	1	189	100	445	24		
72	38	0	1	2	3	0	1	25	0	6	0	1	3	4	20	2	7	4	1	9	1	4	4	6	4	22	2	0	0	5	11	8	1		
73	721	2	3	31	830	58	89	469	1	93	75	174	73	106	29	9	93	75	116	14	96	15	514	339	852	57	1	9	47	564	11	31			
74-75	60	469	80	4	5	1	4	39	1	2	1	29	1	8	11	0	7	4	3	2	5	269	28	212	162	268	275	121	0	5	64	277	421	176	
77	527	393	21	340	162	30	187	343	22	75	19	136	231	71	4	3	74	157	104	100	875	340	4932	276	379	3224	1893	1	1	1043	1846	135	40		
78	0	7	9	57	332	36	148	452	24	89	44	113	498	492	4	19	290	1521	75	105	217	156	922	196	800	1316	191	2	8	1947	3236	176	14		
89	0	2	18	18	1	0	1	15	0	0	1	24	2	0	0	1	2	1	1	2	11	10	28	13	4	24	25	0	0	7	24	9	2		
80-82	0	58	115	216	516	102	346	786	61	137	112	718	1270	735	8	15	411	561	258	520	2144	480	4547	701	1337	3067	790	2	47	846	1698	470	215		
84	1502	235	763	1015	6																														

